

PAT-NO: JP02001152913A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001152913 A

TITLE: AIR-FUEL RATIO CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION
ENGINE

PUBN-DATE: June 5, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KITAGAWA, HIROSHI	N/A
HACHICHIYO, MORIJI	N/A
KANEKO, TETSUYA	N/A
KATO, AKIRA	N/A
HIROTA, TOSHIKI	N/A
WATANABE, MASAMI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HONDA MOTOR CO LTD	N/A

APPL-NO: JP2000353437

APPL-DATE: March 23, 1994

INT-CL (IPC): F02D041/04, F01N003/24, F02D041/14

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an air-fuel ratio control device for an internal combustion engine which can improve emission characteristics of exhaust gas by performing air-fuel ratio controlling according to an engine operation condition or a condition of a catalytic converter, and thereby always securing the maximum emission control rate of the catalytic converter.

SOLUTION: An air-fuel ratio control device computes a maximum oxygen accumulation amount O2MAX of a catalytic converter 14, and forcibly vibrates an air-fuel ratio so as to improve an oxygen utilization rate O2USER of an oxygen accumulation amount O2STR accumulated in the catalytic converter 14. Variation speed of frequency and amplitude in the forcible vibration is linearly or hyperbolically renewed according to space velocity SV and catalytic temperature TCAT equivalent to an exhaust gas amount. It is thus possible to always secure the maximum exhaust emission control rate in that state, and improve responsiveness when an engine operation condition or a catalyst activation condition is changed.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-152913

(P2001-152913A)

(43)公開日 平成13年6月5日(2001.6.5)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード*(参考)
F 0 2 D 41/04	3 0 5	F 0 2 D 41/04	3 0 5 A
F 0 1 N 3/24		F 0 1 N 3/24	R
			U
F 0 2 D 41/14	3 1 0	F 0 2 D 41/14	3 1 0 C
			3 1 0 F

審査請求 有 請求項の数4 O L (全 27 頁)

(21)出願番号 特願2000-353437(P2000-353437)
 (62)分割の表示 特願平6-76649の分割
 (22)出願日 平成6年3月23日(1994.3.23)

(71)出願人 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (72)発明者 北川 浩
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72)発明者 八長 盛二
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内
 (74)代理人 100081880
 弁理士 渡部 敏彦

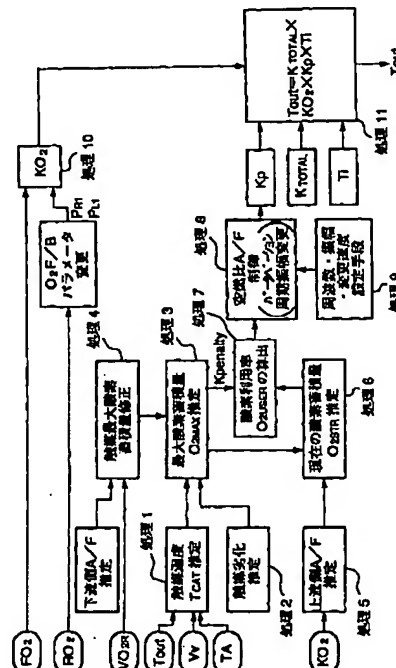
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 内燃機関の空燃比制御装置

(57)【要約】

【課題】 内燃機関の運転状態や触媒コンバータの状態に応じた空燃比制御を行なうことにより常に触媒コンバータの最大浄化率を確保して排気ガスのエミッション特性を向上させることができる内燃機関の空燃比制御装置を提供する。

【解決手段】 空燃比制御装置は、触媒コンバータ14の最大酸素蓄積量O2MAXを演算し、触媒コンバータ14に蓄積されている酸素蓄積量O2STRの酸素利用率O2USERが向上するように空燃比を強制振動するように構成されている。排気ガス量に相当する空間速度SVおよび触媒温度TCATに応じて強制振動の周波数、振幅の変更速度を直線的にあるいは双曲線的に更新していくことで、常にその状態の触媒の最大浄化率を確保して空燃比制御を行うことができ、またエンジンの運転状態や触媒の活性状態が変化したときの応答性を高めることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関の排気系に配された触媒コンバータに蓄積できる最大酸素蓄積量を演算する最大酸素蓄積量演算手段と、

内燃機関に供給される混合気空燃比を所定の周波数および振幅で振動させる強制振動手段と、

前記周波数および振幅を所定の変化量ずつ増減する振動変更手段と、

該周波数および／または振幅の変化量を前記最大酸素蓄積量に応じて設定する変化量設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項2】 前記最大酸素蓄積量演算手段は、前記最大酸素蓄積量を触媒温度および触媒コンバータの劣化度合いの少なくとも一方に基づいて演算することを特徴とする請求項1記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項3】 前記最大酸素蓄積量演算手段は、更に前記触媒コンバータの下流側に配された酸素センサの出力に基づいて前記最大酸素蓄積量を演算することを特徴とする請求項2記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項4】 内燃機関の排気系に配された触媒コンバータと、

該触媒コンバータの下流側に配された酸素センサと、
該酸素センサの出力に基づいて前記触媒コンバータの最大酸素蓄積量を検出する検出手段と、

前記内燃機関に供給される混合気空燃比を、理論空燃比を挟んでリッチ及びリーンに所定の周波数及び振幅で強制的に振動させる強制振動手段と、

前記周波数及び振幅の少なくとも一方を前記最大酸素蓄積量に応じて設定する設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関の空燃比制御装置に関し、特に内燃機関の排気系に配された触媒コンバータの浄化率を向上するように内燃機関に供給される混合気空燃比を制御する内燃機関の空燃比制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、この種の空燃比制御装置として特開平2-11841号または特公昭56-17533号公報などには、触媒コンバータを備えた内燃機関において内燃機関に供給される混合気空燃比を強制振動（パターベーション）させることにより触媒コンバータの浄化率が向上することが示されている。

【0003】また、本願出願人は先に触媒の酸素蓄積量から酸素利用率を演算し、演算された酸素利用率から、触媒の浄化率が最大となるように、内燃機関に供給される混合気空燃比を強制振動し、その周波数、振幅を変更したり、あるいは前記酸素利用率から空燃比フィードバック制御における比例項のゲイン、リッチリーン反転

ディレイ時間を設定して、設定された比例項ゲインおよびリッチリーン反転ディレイ時間により空燃比を強制振動（擬似パターベーション）させることを提案している（特願平5-329780号）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、以下に掲げる点においてより一層の改善が望まれている。すなわち、上記従来技術においては、触媒コンバータの浄化率はその温度や劣化状態に応じて大きく左右されるけれどもそれらのパラメータを検出あるいは推定して上記強制振動の周波数および振幅を設定していなかった。

【0005】すなわち、上記従来技術においては触媒コンバータの浄化率は排気ガス量（空間速度SV）に代表される内燃機関の運転状態や触媒コンバータの温度、劣化状態などによって変化するにも拘らず、取り得る強制振動の周波数、振幅の組み合わせや擬似パターベーションにおける比例項ゲイン、リーンリッチ反転ディレイ時間の組み合わせが固定されているために、内燃機関の運転状態や触媒コンバータの状態が変更されたときに必ずしも最大浄化率を維持するように制御することができないといった問題があった。

【0006】そこで、本発明は内燃機関の運転状態や触媒コンバータの状態に応じた空燃比制御を行なうことにより常に触媒コンバータの最大浄化率を確保して排気ガスのエミッション特性を向上することができる内燃機関の空燃比制御装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の請求項1に係る内燃機関の空燃比制御装置は、内燃機関の排気系に配された触媒コンバータに蓄積できる最大酸素蓄積量を演算する最大酸素蓄積量演算手段と、内燃機関に供給される混合気空燃比を所定の周波数および振幅で振動させる強制振動手段と、前記周波数および振幅を所定の変化量ずつ増減する振動変更手段と、該周波数および／または振幅の変化量を前記最大酸素蓄積量に応じて設定する変化量設定手段とを備える。

【0008】請求項2に係る内燃機関の空燃比制御装置では、請求項1記載の空燃比制御装置において前記最大酸素蓄積量演算手段は、前記最大酸素蓄積量を触媒温度および触媒の劣化度合いの少なくとも一方に基づいて演算する。

【0009】請求項3に係る内燃機関の空燃比制御装置では、請求項2に係る内燃機関の空燃比制御装置において前記最大酸素蓄積量演算手段は、更に前記触媒コンバータの下流側に配された酸素センサの出力に基づいて前記最大酸素蓄積量を演算する。

【0010】請求項4に係る内燃機関の空燃比制御装置は、内燃機関の排気系に配された触媒コンバータと、該触媒コンバータの下流側に配された酸素センサと、該酸素センサの出力に基づいて前記触媒コンバータの最大酸

素蓄積量を検出する検出手段と、前記内燃機関に供給される混合気の空燃比を、理論空燃比を挟んでリッチ及びリーンに所定の周波数及び振幅で強制的に振動させる強制振動手段と、前記周波数及び振幅の少なくとも一方を前記最大酸素蓄積量に応じて設定する設定手段とを備える。

【0011】本発明の請求項1に係る内燃機関の空燃比制御装置では、最大酸素蓄積量演算手段により触媒コンバータに蓄積できる最大酸素蓄積量を演算し、強制振動手段により内燃機関に供給される混合気の空燃比を所定の周波数および振幅で振動させ、振動変更手段により前記周波数および振幅を所定の変化量ずつ増減し、変化量設定手段により該周波数および/または振幅の変化量を前記最大酸素蓄積量に応じて設定する。

【0012】請求項4に係る内燃機関の空燃比制御装置では、内燃機関の排気系に配された触媒コンバータの下流側に配された酸素センサの出力に基づいて検出手段により前記触媒コンバータの最大酸素蓄積量を検出し、強制振動手段により前記内燃機関に供給される混合気の空燃比を、理論空燃比を挟んでリッチ及びリーンに所定の周波数及び振幅で強制的に振動させ、設定手段により前記周波数及び振幅の少なくとも一方を前記最大酸素蓄積量に応じて設定する。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の内燃機関の空燃比制御装置の実施の形態を図面に基いて説明する。

【0014】図1は、本実施形態の空燃比制御装置を装置した内燃機関（以下単に「エンジン」という）の全体構成図であり、例えば4気筒のエンジン1の吸気管2の途中にはスロットル弁3が設けられている。スロットル弁3にはスロットル弁開度（ θ_{TH} ）センサ4が連結されており、当該スロットル弁3の開度に応じた電気信号を出力して電子コントロールユニット（以下「ECU」という）5に供給する。

【0015】燃料噴射弁6はエンジン1とスロットル弁3との間且つ吸気管2の図示しない吸気弁の少し上流側に各気筒毎に設けられており、各噴射弁は図示しない燃料ポンプに接続されていると共にECU5に電気的に接続されて当該ECU5からの信号により燃料噴射時間（開弁時間）が制御される。

【0016】一方、スロットル弁3の直ぐ下流には吸気管内絶対圧（PBA）センサ7が設けられており、この絶対圧センサ7により電気信号に変換された絶対圧信号は前記ECU5に供給される。また、その下流には吸気温度（TA）センサ8が取付けられており、吸気温度TAを検出して対応する電気信号を出力してECU5に供給する。

【0017】エンジン1の本体に装着されたエンジン水温（Tw）センサ9はサーミスタ等から成り、エンジン水温（冷却水温）Twを検出して対応する温度信号を出

力してECU5に供給する。エンジン回転数（NE）センサ10及び気筒判別（CYL）センサ11はエンジン1の図示しないカム軸周囲又はクランク軸周囲に取付けられている。エンジン回転数センサ10はエンジン1のクランク軸の180度回転毎に所定のクランク角度位置でパルス（以下「TDC信号パルス」という）を出力し、気筒判別センサ11は特定の気筒の所定のクランク角度位置で信号パルスを出力するものであり、これらの各信号パルスはECU5に供給される。

10 【0018】触媒コンバータ（三元触媒）14はエンジン1の排気管13に配置されており、排気ガス中のHC、CO、NOx等の成分の浄化を行う。排気管13の触媒コンバータ14の上流側及び下流側には、それぞれ空燃比センサとしての酸素濃度センサ15、16（以下それぞれ「上流側O2センサ15」、「下流側O2センサ16」という）が装着されており、これらのO2センサ15、16は排気ガス中の酸素濃度を検出し、その検出値に応じた電気信号を出力しECU5に供給する。さらに触媒コンバータ14にはその温度TCATを検出する触媒温度センサ17が装着されており、その検出信号がECU5に供給される。

【0019】ECU5には更に、大気圧PAを検出する大気圧センサ31及びエンジン1が搭載された車両の車速VHを検出する車速センサ32が接続されており、これらのセンサの検出信号がECU5に供給される。

【0020】ECU5は各種センサからの入力信号波形を整形し、電圧レベルを所定レベルに修正し、アナログ信号値をデジタル信号値に変換する等の機能を有する入力回路5a、中央演算処理回路（以下「CPU」という）5b、CPU5bで実行される各種演算プログラム及び演算結果等を記憶する記憶手段5c、前記燃料噴射弁6に駆動信号を供給する出力回路5d等から構成される。

【0021】CPU5bは上述の各種エンジンパラメータ信号に基づいて、排気ガス中の酸素濃度に応じて空燃比を制御するフィードバック制御運転領域やオープンループ制御運転領域等の種々のエンジン運転状態を判別するとともに、エンジン運転状態に応じ、前記TDC信号パルスに同期して燃料噴射弁6により噴射される燃料噴射量T_{out}を演算する。

【0022】CPU5bは燃料噴射弁6の駆動信号を出力回路5dを介して出力するとともに、触媒コンバータ14の劣化判定を行う。

【0023】[第1実施形態の全体の制御処理]図2は本実施形態の空燃比制御装置における全体の制御処理の概略を示すブロック図である。空燃比制御装置は、触媒温度TCATを推定する処理（処理1）と、触媒コンバータ14の劣化を推定する処理（処理2）と、触媒コンバータ14の最大酸素蓄積量O₂MAXを推定する処理（処理3）と、最大酸素蓄積量O₂MAXを修正する処理（処理

4)と、触媒コンバータ14の上流側の空燃比A/Fを推定する処理(処理5)と、触媒コンバータ14に蓄積されている酸素蓄積量O2STRを推定する処理(処理6)と、触媒コンバータ14の酸素利用率O2USERを算出する処理(処理7)と、エンジン1に供給される混合気の空燃比A/Fを強制的に振動(パターベーション)させることにより該空燃比A/Fを制御する処理(処理8)と、パターベーションの周波数、振幅の変更速度を設定する処理(処理9)と、空燃比補正係数K02を演算する処理(処理10)と、噴射燃料量T_{out}を算出する処理(処理11)を行なうものであり、特に、エンジン1の運転状態および触媒コンバータ14の状態(温度、劣化度合、容量)に応じて触媒コンバータ14の酸素利用率O2USERが最大になるように空燃比A/Fを強制的に振動させることにより触媒コンバータ14の浄化率を最大限に高めることに特徴を有する。

【0024】触媒コンバータ14の最大酸素蓄積量O2MAXを推定する処理(処理3)では、触媒温度TCAT、触媒の劣化および触媒の容量(体積)により触媒コンバータ14の最大酸素蓄積量O2MAXが算出される。触媒温度TCAT、触媒の劣化および触媒の容量のうち触媒温度TCATは触媒温度センサ17により直接に検出しても良いし、後述するように触媒温度TCATを推定する処理により算出してもよい。また、触媒の劣化は後述する触媒劣化を推定する処理により算出してもよい。さらに、触媒の容量は触媒の大きさにより決まる固定値なのであらかじめ記憶手段5cに記憶しておくことができる。算出された最大酸素蓄積量O2MAXは酸素蓄積量O2STRを算出する際にリミットとして作用する他に、最大酸素蓄積量O2MAXを越えるときは排気ガスを浄化できないので

酸素利用率O2USERの値を減算することにも使われる。【0025】空燃比A/Fを推定する処理(処理5)では、空燃比A/Fはリニア空燃比センサで直接に空燃比A/Fを検出してもよいが、本処理5ではリニア空燃比センサを用いずに上流側のO2センサ15の出力を用いて空燃比補正係数K02を算出し、算出された空燃比補正係数K02の中心値からのずれ量により空燃比A/Fを算出する。また、上流側のO2センサ15による空燃比フィードバック制御に用いる空燃比補正係数K02を、下流側のO2センサ16の出力により補正することによって空燃比補正係数K02の中心値からのずれをなくすることができる。

【0026】触媒コンバータ14の酸素蓄積量O2STRを推定する処理(処理6)では、空燃比A/Fがリーン側であれば触媒コンバータ14は酸素分子O2を吸着しリッチ側であれば酸素分子O2を放出するので、空燃比A/Fおよび排気量により触媒コンバータ14に酸素分子O2が吸着、放出される度合いを計算して酸素蓄積量O2STRを算出する。算出された酸素蓄積量O2STRは主に触媒コンバータ14の容量で決定される最大酸素蓄積

量O2MAXによってリミット処理される。また、酸素蓄積量O2STRが負の値になるときも値「0」をもってリミット処理される。

【0027】酸素利用率O2USERを算出する処理(処理7)では、浄化率に相当する物理量である酸素利用率O2USERが演算される。酸素利用率O2USERの値が大きい程、触媒コンバータ14の浄化率が高いが、酸素蓄積量O2STRが最大酸素蓄積量O2MAXを越えるときあるいは値「0」を下回るときは排気ガスが浄化されないので、この範囲で酸素利用率O2USERは減算される。

【0028】空燃比A/Fのパターベーション処理(処理8)では、触媒コンバータ14に蓄積されている酸素蓄積量O2STRを値「0」に近い下限値O2STRL~最大酸素蓄積量O2MAXに近い上限値O2STRHの範囲でできるだけ大きな振幅で振動させ、しかもその振動の周期を短くすることにより触媒の持つ酸素蓄積能力を最大限に利用し、触媒コンバータ14の浄化率を高めるように空燃比A/Fを制御する。

【0029】周波数、振幅変更速度設定処理(処理9)では、エンジン1の運転状態(空間速度SV)、触媒コンバータ14の最大酸素蓄積量(例えば触媒温度)に応じてパターベーションの周波数、振幅の変更速度を変更する。

【0030】以下に各処理1~11の内容を詳細に説明する。

【0031】[触媒温度TCATの推定(処理1)]図3は触媒温度TCATの推定ルーチンを示すフローチャートである。本ルーチンでは、まず始動時であるかどうかを判別し(ステップS210)、始動時であればTAセンサ8により検出された吸気温TAを触媒温度TCATの初期値として設定して(ステップS220)本ルーチンを終了する。始動時でないときは目標の推定触媒温度TCATOBJと触媒温度TCATとの差ΔTCATを演算し(ステップS215)、その差ΔTCATが値「0」より大きいかどうかを判別する(ステップS230)。図4は積分値TOUTSUMに対する係数α1、α2の値を示すグラフである。始動後の触媒温度TCATは上昇していくのが通常であるので、ΔTCATが正、すなわち触媒温度TCATが目標の推定触媒温度TCATOBJより小さくなったときには図4に示すTOUTSUM/α1テーブルを検索して積算値TOUTSUMに基づく触媒温度を上げるための係数α1を検索する(ステップS240)。一方、ΔTCATが負、すなわち触媒温度TCATが目標の推定触媒温度TCATOBJより大きいときにはTOUTSUM/α2テーブルを検索して積算値TOUTSUMに基づく触媒温度を下げるための係数α2を検索する(ステップS250)。ここで、TOUTSUMは単位時間当たりの燃料噴射時間TOUTの積算値であり、積算値TOUTSUMが大きいほど燃焼エネルギーが大きくなるので触媒温度TCATも上がることになる。従って、係数α1、α2は噴射量の単位時間当たりの平均値から求めら

れる目標触媒温度TCATOBJの遅れ時定数を示し、係数 $\alpha 1$ は積算値TOUTSUMの増加に伴い減少する値をとり、係数 $\alpha 2$ は積算値TOUTSUMの増加に伴い増加する値をとる。

【0032】つづいて、係数 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ の補正係数 $K\alpha$ を車速Vおよび吸気温度TAに基づいて決定する(ステップS255)。図6は車速Vおよび吸気温度TAに応じて補正係数 $K\alpha$ の値を決定するためのテーブルを示すグラフである。補正係数 $K\alpha$ は吸気温度TAが高い程大きな値に、車速Vが低い程大きな値に設定される。ステップS255で補正係数 $K\alpha$ がテーブル検索されると、数式1にしたがって係数 α が演算される。

【0033】

【数1】 $\alpha = \alpha 1 \times K\alpha$

$\alpha = \alpha 2 \times K\alpha$

つぎに、目標の推定触媒温度TCATOBJの基本値TCATOBJ0を吸気管内絶対圧力PBAおよびエンジン回転数NEにより図示しないマップを用いて決定する(ステップS260)。更に、空燃比依存補正係数KA/FをKA/Fテーブルを検索して空燃比A/Fによって求める(ステップS265)。この補正係数KA/Fは混合気の燃料が濃いほど即ち排気系の空燃比が小さいほど触媒が冷却され易いので、かかる燃料による冷却効果を補償するための係数で混合気空燃比(排気系の空燃比に対応する)に応じて決定される。図7は空燃比A/Fに応じて補正係数KA/Fを決定するためのKA/Fテーブルを示すグラフである。図7のテーブルによれば、補正係数KA/Fは空燃比A/Fがリッチな程より小さい値に設定される。つぎに、補正係数KTATCATをKTATCATテーブルを検索して吸気温度TA及び車速Vによって決定する(ステップS270)。図5は吸気温度TAおよび車速Vに応じて補正係数KTATCATを決定するためのテーブルを示すグラフである。図5のKTATCATテーブルによれば、吸気温度TAが低いと外気により触媒コンバータ14が冷やされるので補正係数KTATCATの値もより小さく設定される。また、車速Vが高い程走行風量が増加して触媒コンバータからの熱放出量が大きくなるため、外気による触媒コンバータ14の冷却度合は車速Vによって違いを生ずるので、車速Vに応じて補正係数KTATCATの値を変更する。

【0034】つぎに、数式2に従って基本値TCATOBJ0に検索した補正係数KA/FおよびKTATCATを乗算して外気によって冷却される触媒コンバータ14の温度補正を行ない、目標推定触媒温度TCATOBJを設定する(ステップS280)。

【0035】

【数2】

$TCATOBJ = KTATCAT \times KA/F \times TCATOBJ0$

この目標推定触媒温度TCATOBJを用いて、触媒温度TCAT(n)を数式3により算出する(ステップS290)。

【0036】

【数3】 $TCAT(n) = \alpha \times TCAT(n-1) + (1 - \alpha) \times TCATOBJ$

ここで、 α にはステップS240における $\alpha 1$ の値、またはステップS250における $\alpha 2$ の値が代入される。また、TCAT(n-1)は前回本ルーチンを実行したときに算出された値である。触媒温度TCATが算出されると本ルーチンを終了する。

【0037】このように、混合気中の燃料濃度および外気温度と車速に基づく冷却効果を加味することで触媒温度TCATの正確な推定を行える。

【0038】本実施形態では、触媒温度の追従速度($\alpha 1$ 、 $\alpha 2$)をエンジン負荷から求められる燃料噴射量の積算値(TOUTSUM)から求めたが、エンジン負荷である吸気管内圧等から直接求めてもよい。

【0039】[触媒劣化の推定(処理2)]つぎに、触媒コンバータ14の性能劣化を推定する。この触媒劣化判定手法は、平成4年12月26日付特願平4-359538号により出願済であるので、ここでは簡単に説明する。この触媒劣化判定は、下流側O2センサ16の出力RVO2のみに基づいて補正係数KO2を算出するフィードバック制御実行中に、KO2値を減少方向にスキップさせるためのP項ゲインPLSPが発生してから下流側O2センサ出力RVO2が反転するまでの時間TL及びKO2値を増加方向にスキップさせるためのP項ゲインPRが発生してから下流側O2センサ出力RVO2が反転するまでの時間TRを計測し、これらの時間TL、TRの平均値Tを計測することにより行われる。これは、触媒の浄化率が低下してくると、時間TL、TRの平均値Tが減少することを利用するもので、平均値Tの減少は酸素蓄積能力の低下を意味し、この手法により触媒の劣化を正確に判定することができる。

【0040】[触媒コンバータ14の最大酸素蓄積量O2MAXの推定(処理3)]触媒コンバータ14の最大酸素蓄積量O2MAXは前述したように触媒の容量(体積)に対して前述の処理1および処理2で推定された触媒温度TCATおよび触媒の劣化度合いによって決定される。図8は触媒温度TCATに対する最大酸素蓄積量O2MAXを示すグラフである。触媒温度TCATが上昇するにつれて最大酸素蓄積量O2MAXは略直比例して増加することがわかる。したがって、触媒コンバータ14の最大酸素蓄積量O2MAXは、触媒温度TCATに応じた単位体積当たりの最大酸素蓄積量O2MAXに触媒の体積および触媒の劣化度合いを乗算することによって計算される。計算された最大酸素蓄積量O2MAXは空燃比A/Fのフィードバック制御に使用され、後述する処理によって最大酸素蓄積量O2MAXの値は修正される。さらに、最大酸素蓄積量O2MAXは後述するリミット処理によってその全範囲を利用しないようにされている。

【0041】[最大酸素蓄積量O2MAXの修正(処理

4)] 図9は最大酸素蓄積量O2MAXの修正ルーチンを示すフローチャートである。本ルーチンは所定時間(例えば、1秒)毎に実行されるタイマー処理である。本ルーチンでは、後述する触媒コンバータ14の酸素蓄積量O2STRから推定される下流側の空燃比A/Fの反転のタイミングと下流側のO2センサ16から検出される反転のタイミングとが互いにずれているときに最大酸素蓄積量O2MAXの計算値が違っていると判断して最大酸素蓄積量O2MAXの修正を行なう。すなわち、リングバッファに推定された空燃比A/Fの反転によって値「1」にセットされるフラグFSIMおよび下流側のO2センサ16の出力反転によって値「1」にセットされるフラグFREALを用意しておく。下流側のO2センサ16の出力の反転から一定時間前までにフラグFSIMが値「1」にセットされていないとき、つまり推定された下流側の空燃比の反転が遅いときは演算した最大酸素蓄積量O2MAXの値が大き過ぎると判断して△O2MAXだけその値を小さくする。また、フラグFSIMが値「1」にセットされてから一定時間内に下流側のO2センサの出力反転がないときは演算した最大酸素蓄積量O2MAXの値が小さ過ぎると判断して△O2MAXだけその値を大きくするのである。

【0042】本ルーチンを図9のフローチャートにしたがって説明すると、まず、フラグFCAT020およびFCAT02MAXのいずれかが値「1」であるかどうかを判別する(ステップS111)。後述する図14に示す酸素蓄積量O2STR演算ルーチンにおいてフラグFCAT020は触媒コンバータ14の酸素蓄積量O2STRが零に近い下限値O2STRLを下回っているとき値「1」にセットされ、あるいはフラグFCAT02MAXは酸素蓄積量O2STRが最大酸素蓄積量O2MAXに近い上限値O2STRHを越えているとき値「1」にセットされる。いずれのフラグFCAT02MAX、FCAT020も値「1」でないときはフラグFSIMを値「0」にリセットし(ステップS112)、フラグFCAT02MAXおよびフラグFCAT020のいずれかが値「1」であるときはフラグFSIMを値「1」にセットする(ステップS113)。ついで、下流側のO2センサ16の出力が反転したかどうかを判別する(ステップS114)。反転していないときはフラグFREALを値「0」にリセットし(ステップS115)、反転したときはフラグFREALを値「1」にセットする(ステップS116)。つづいて、これらのフラグFSIMおよびFREALの値をリングバッファにストアする(ステップS117)。フラグFSIMの初期値FSIM(1)およびFREALの現在値FREAL(N)の値がそれぞれ「1」であるかを判別し、両値がともに「0」であるときには最大酸素蓄積量O2MAXの値を修正することなく本ルーチンを終了する(ステップS118、ステップS119)。また、ステップS118におけるフラグFREALの現在値が「1」でかつフラグFSIM(1~N)のいずれかの値が「1」であるときは最大酸素蓄積量O2MAXの値を修正することなく本ルーチン

を終了する(ステップS120)。さらに、ステップS119におけるフラグFSIMの初期値が「1」でかつフラグFREAL(1~N-1)のいずれかの値が「1」であるときは最大酸素蓄積量O2MAXの値を修正することなく本ルーチンを終了する(ステップS121)。ステップS120におけるフラグFSIM(1~N)のいずれの値も「0」であるときは図8の同一触媒温度TCATに対する最大酸素蓄積量O2MAXの値を△O2MAXだけ減らし(ステップS122)、最大酸素蓄積量O2MAXの値が下限値O2GLを下回るときは(ステップS123)最大酸素蓄積量O2MAXの値を下限値O2GLにリミット処理して(ステップS124)本ルーチンを終了する。ステップS121におけるフラグFREAL(1~N-1)のいずれの値も「0」であるときは同一の触媒温度TCAに対する最大酸素蓄積量O2MAXの値を△O2MAXだけ増やし(ステップS125)、最大酸素蓄積量O2MAXの値が上限値O2GHを越えるときは(ステップS126)最大酸素蓄積量O2MAXの値を上限値O2GHにリミット処理して(ステップS127)本ルーチンを終了する。

【0043】[空燃比A/Fの推定(処理5)] 図10は空燃比推定ルーチンを示すフローチャートである。本ルーチンでは、空燃比A/Fの値を直接に出力するリニア空燃比センサを用いる代わりに上流側のO2センサ15の出力に応じた空燃比補正係数KO2を用いて触媒コンバータ14に流入する排気ガスの空燃比A/Fの推定を行なう。まず、上流側のO2センサ15の出力を用いた空燃比A/Fのフィードバック制御中であるかどうかを判別する(ステップS310)。空燃比のフィードバック制御中のときには前述したようにO2センサ15によって検出された空燃比(酸素濃度)を制御中心である目標空燃比に一致するように制御するための目標空燃比の補正係数KO2の加重平均値KO2RMDを数式4により算出する(ステップS320)。

【0044】

$$\text{【数4】 } KO2RMD = \alpha 3 \times KO2 + (1 - \alpha 3) \times KO2RMD$$

ここで、 $\alpha 3$ は制御中心を求めるための第1のなまし係数である。

【0045】また、触媒コンバータ14直前の上流側空燃比を示す補正係数KO2の加重平均値KO2REFを、排気弁から触媒コンバータ14までの遅れを考慮して数式5により算出する(ステップS330)。

【0046】

$$\text{【数5】 } KO2REF = \alpha 4 \times KO2 + (1 - \alpha 4) \times KO2REF$$

ここで、 $\alpha 4$ は排気弁から触媒コンバータ14までの遅れを考慮した第2のなまし係数であり、第1のなまし係数 $\alpha 3$ より大きい値に設定される。第2のなまし係数 $\alpha 4$ はエンジンの運転状態に応じて定まる値であり、例えばエンジン回転数NEおよび吸気管内絶対圧PBAから求

11

められる図示しないマップにより決定される。

【0047】さらに、加重平均値 $KO2REF$ と、下流側 $O2$ センサ16による制御のずれ幅 SD を加えた加重平均値 $KO2RMD$ との比を計算することによって燃空比 F/A を算出して(ステップS340)本ルーチンを終了する。このずれ幅 SD は後述する下流側 $O2$ センサ16の出力を用いた空燃比フィードバック制御ルーチンにより $O2$ センサ16の出力に応じて決定され、このずれ幅 SD で $KO2RMD/KO2REF$ を補正することにより推定された空燃比がずれることなく、特に、エンジンの運転過渡時の空燃比推定精度を確得することができる。また、ステップS310でオープンループ制御であると判別されたときには燃空比 F/A を値「1.0」、 $KO2RMD$ および $KO2REF$ をそれぞれ所定値に設定して(ステップS350)本ルーチンを終了する。

【0048】[触媒コンバータの酸素蓄積量 $O2STR$ の推定(処理6)]つぎに、触媒コンバータ14に蓄積されている酸素の酸素蓄積量 $O2STR$ を算出する。本実施形態では CO と $O2$ の2成分だけから酸素蓄積量 $O2STR$ を推定する触媒コンバータの物理モデルを構築する。図11は触媒コンバータ14の触媒作用を示す模式図である。触媒コンバータ14では、入力される空燃比 A/F がリッチ側にあるときには $CO+O \rightarrow CO2$ の離脱反応が起こり、空燃比 A/F がリーン側にあるときには $O2 \rightarrow 2O$ の吸着反応が起こる。したがって、数式6により空燃比 A/F がリッチ側にあるとき $O2$ の放出速度が触媒コンバータ14の入口にある排気ガスの CO 濃度から、また、空燃比 A/F がリーン側にあるときの $O2$ の吸着速度が触媒コンバータ14の入口にある排気ガスの $O2$ 濃度からそれぞれ算出される。

【0049】

$$\begin{aligned} \text{【数6】} -d/dt(O) &= k1 \cdot [COF] \cdot O2STR \\ d/dt(O) &= k2 \cdot [O2F] \cdot (O2MAX - O2STR) \end{aligned}$$

ここで、

Q : 吸入空気量

O : 酸素蓄積量

$[COF]$: 入口 CO 濃度(ppm)

$[COR]$: 出口 CO 濃度(ppm)

$[O2F]$: 入口 $O2$ 濃度(ppm)

$[O2R]$: 出口 $O2$ 濃度(ppm)

$d/dt(O)$: 酸素蓄積量の変化率

$k1, k2$: 反応係数

係数 $k1, k2$ は劣化の度合い(R)、触媒温度 T_{CAT} に応じて数式7により算出される。

【0050】

$$\text{【数7】 } k1 = k1R \times k1CAT$$

$$k2 = k2R \times k2CAT$$

ここで、 $k1R, k2R$: 劣化係数

$k1CAT, k2CAT$: 温度係数

12

数式7に示すように、反応係数 $k1, k2$ はそれぞれ劣化係数 $k1R, k2R$ および温度係数 $k1CAT, k2CAT$ の積で表される。図12は反応係数 $k1, k2$ を決定する劣化係数 $k1R, k2R$ および温度係数 $k1CAT, k2CAT$ の値を示すグラフである。上記数式6および数式7から現在の酸素蓄積量 $O2STR$ が求められる。

【0051】触媒コンバータ14の酸素蓄積量 $O2STR$ が値「0」～最大酸素蓄積量 $O2MAX$ の内側の範囲にあるときには触媒コンバータ14の出口での空燃比は14.7の領域にあるが、酸素蓄積量 $O2STR$ が値「0」以下あるいは最大酸素蓄積量 $O2MAX$ 以上のときには触媒コンバータ14の入口の空燃比 A/F がそのまま出口に現れることになる。

【0052】図13は触媒コンバータに入力される排気ガスの空燃比 A/F と CO 濃度および $O2$ 濃度との関係を示す特性図である。排気ガスの空燃比 A/F が空燃比14.7以上であると $O2$ 濃度を用いて触媒コンバータ14内の酸素蓄積量 $O2STR$ の変化分 $\Delta O2$ を算出し、排気ガスの空燃比 A/F が空燃比14.7未満であると CO 濃度を用いて触媒コンバータ14内の酸素蓄積量 $O2STR$ の変化分 $\Delta O2$ を算出する。酸素蓄積量 $O2STR$ の変化分 $\Delta O2$ は単位時間当たりの放出吸着速度である。

【0053】図14は触媒コンバータ14内の酸素蓄積量 $O2STR$ の演算ルーチンを示すフローチャートである。前述の空燃比 A/F (燃空比 F/A)の推定ルーチンにより算出された触媒コンバータ14上流側の空燃比 A/F ($AFIN$)が理論空燃比 AF_{stoich} 値「14.7」未満でリッチ側にあるかどうかを判別する(ステップS410)。空燃比 A/F がリッチ側にあるとき図13の特性に基づいて $AF/[CO]$ マップにより CO 濃度 $[COF]$ を検索する(ステップS420)。検索された CO 濃度 $[COF]$ を用いて前述の数式6における $-d/dt(O)$ 算出式の右辺の項($k1 \cdot [COF] \cdot O2STR$)に空間速度 SV を乗算することにより酸素蓄積量 $O2STR$ の変化分 $\Delta O2$ ($-d/dt(O)$)を求める(ステップS425)。ここで、空間速度 SV は単位時間当たりの排気ガス量に相当する。また、空燃比 A/F がリーン側にあるとき $AF/[O2]$ マップにより $O2$ 濃度 $[O2F]$ を検索する(ステップS430)。

検索された $O2$ 濃度 $[O2F]$ を用いて前述の数式6の $d/dt(O)$ 算出式の右辺の項($k2 \cdot [O2F] \cdot CO2MAX - O2STR$)に空間速度 SV を乗算することにより酸素蓄積量 $O2STR$ の変化分 $\Delta O2$ ($d/dt(O)$)を算出する(ステップS435)。算出された変化分 $\Delta O2$ を前回までに算出されている酸素蓄積量 $O2STR(n-1)$ に加えて今回の酸素蓄積量 $O2STR(n)$ を算出する(ステップS440)。算出された酸素蓄積量 $O2STR(n)$ が前記所定下限値 $O2STR_{L}$ を下回っているかどうかを判別する(ステップS450)。下回っていると判別されたときには前記フラグ F_{CAT020} を値

「1」にセットし、前記フラグFCAT02MAXを値「0」にリセットする(ステップS460)。つぎに、酸素蓄積量O2STR(n)に値「0」を設定して(ステップS470)、本ルーチンを終了する。ステップS450で酸素蓄積量O2STR(n)が所定の下限値O2STRLを下回っていないと判別されたとき、さらに酸素蓄積量O2STR(n)が前記所定上限値O2STRHを越えているかどうかを判別する(ステップS480)。越えていると判別されたときには前記フラグFCAT020を値「0」にリセットし、前記フラグFCAT02MAXを値「1」にセットする(ステップS490)。つぎに、酸素蓄積量O2STR(n)に最大酸素蓄積量O2MAXの値を設定して(ステップS500)、本ルーチンを終了する。ステップS480で、酸素蓄積量O2STR(n)が所定上限値O2STRHを越えていないと判別されたときにはステップS510でフラグFCAT020およびフラグFCAT02MAXの双方を値「0」にリセットして本ルーチンを終了する。上記フラグFCAT020およびフラグFCAT02MAXは後述する酸素利用率演算ルーチンでも使用される。

【0054】ここで、酸素蓄積量O2STRの上限値O2STRHおよび下限値O2STRLは触媒温度TCATに応じて変更される。図15は触媒温度TCATに対する上限値O2STRHおよび下限値O2STRLの値を示すグラフである。触媒の反応速度は、触媒温度TCATに応じて変化する。即ち触媒温度が異なると触媒の活性度合いが変化し、且つ温度に依って活性する触媒中の成分が異なるため、触媒の反応速度は温度によって変化する。一方、最大酸素蓄積量O2MAXはもともと触媒の反応速度、上流側空燃比などによって推定されたものであり、推定誤差を考慮すると推定極限值までは使用できない。また、推定された最大酸素蓄積量は静的な値であり、空燃比が時間的に変動するエンジン排気ガス中の酸素を蓄積し放出し得る有効酸素蓄積量、即ち動的な最大酸素蓄積量はそれより下回る。さら*

$$O2USE = \int_0^T \sqrt{1 + |d/dt(O2STR)|^2} dt - K_{penalty} \times \Delta T$$

数式8の酸素蓄積量O2STRは $\Sigma |\Delta O2|$ にほぼ比例するので、酸素利用量O2USEは数式9に示すように単純に $|\Delta O2|$ の積算を基本とする式となる。

【0059】

【数9】

$$O2USE = \sum_{n=1}^N |\Delta O2| - K_{penalty} \times \Delta T$$

ここで、 ΔT は酸素蓄積量O2STRが下限値O2STRL以下あるいは上限値O2STRH以上に達している累積時間を示す。補正係数Kpenaltyは前述のフラグFCAT02MAXおよびFCAT020が値「1」にセットされているときに酸素利用量の値を下げるための補正值であり、実際の触媒の浄化率との相関を考慮して決定される。

【0060】前述した触媒コンバータ14の浄化率に相関する酸素利用率O2USERは数式10において示され ※50

*に、この動的な最大酸素蓄積量は触媒温度に応じて変化する反応速度に依存するので、本実施形態では、図15に示すように、上下限値O2STRH、O2STRL間の幅が反応速度がより高くなる触媒温度の高域側でより広くなるように設定している。

【0055】また、触媒温度TCATはエンジンの冷却水温Twと相関関係があるので、冷却水温Twに応じて触媒温度TCATと同様に上限値O2STRHおよび下限値O2STRLを設定してもよい。さらにまた、触媒の劣化度合いによって触媒の活性状態も変化するので反応速度は劣化度合いによっても変化する。依って、触媒温度TCATだけでなく、触媒の劣化度合いの進行に応じて上限値O2STRHと下限値O2STRL間の幅を狭めるように変更してもよい。

【0056】図16は所定のパータベーションを実行した場合における酸素蓄積量O2STRの時間的変化を示す波形図である。酸素蓄積量O2STRは空燃比A/Fのリッチ、リーン反転周期に応じて振動し、酸素蓄積量O2STRが下限値O2STRLを下回るときあるいは上限値O2STRHを越えるときには、それぞれのフラグFCAT020、FCAT02MAXが値「1」にセットされることが示されている。図16において、O2USEおよびO2USERはそれぞれ後述する触媒コンバータ14内の酸素利用量、酸素利用率である。

【0057】[酸素利用率O2USERの演算(処理7)]触媒コンバータ14内の酸素利用量O2USEは、酸素蓄積量O2STRの軌跡に沿って時間軸に対する傾きに相当する線分の長さを加算していくことにより数式8に示すように算出されるが、酸素蓄積量O2STRが上限値O2STRHを越えるとき、あるいは下限値O2STRLを下回るときは補正係数Kpenaltyで減算される。

【0058】

【数8】

※る。

【0061】

【数10】

$$O2USER = \sum_{n=1}^N (O2USE) / T$$

ここで、時間TはO2USEが算出される演算回数Nに相当する時間である。

【0062】O2USEは所定時間(T)あたりの酸素蓄積量O2STRの変化量を表わす量であり、触媒の浄化率に相関する物理量である。

【0063】図17は酸素利用率O2USERの演算ルーチンを示すフローチャートである。本ルーチンはタイマー処理により実行され、本ルーチンを所定回数Nだけ実行する度に1回だけ酸素利用率O2USERの演算を行なうようにされている。まず、処理回数nがN回をこえてい

いかどうかを判別する(ステップS510)。越えていないときには前述のフラグFCAT02MAXあるいはフラグFCAT020のいずれかが値「1」にセットされているかどうかを判別する(ステップS520)。いずれのフラグも値「1」にセットされていないときには前回までの酸素利用量O2USEに今回の変化分 $|\Delta O2|$ を加えて新たな酸素利用量O2USEとする(ステップS530)。つぎに、経過時間Tを ΔT 増加し、処理回数nを値「1」インクリメントして(ステップS540)本ルーチンを終了する。ステップS520でフラグFCAT02MAXあるいはフラグFCAT020のいずれかが値「1」にセットされているときには補正係数Kpenaltyを前回までの酸素利用量O2USEから減算し(ステップS550)、前述のステップS540で経過時間Tを ΔT 増加し、処理回数nを値「1」インクリメントして本ルーチンを終了する。また、ステップS510で処理回数nが所定回数Nに達したときには酸素利用量O2USEを経過時間Tで除算して酸素利用率O2USERを演算するとともに酸素利用量O2USEを値「0」にリセットする(ステップS560)。さらに、経過時間Tおよび処理回数nを値「0」にリセットして(ステップS570)本ルーチンを終了する。

【0064】以上示した酸素利用率O2USERの演算を実行すると、例えば図16に示すようにAの範囲では触媒コンバータ14内の酸素蓄積量O2STRは最大酸素蓄積量O2MAXの下限値O2STRLと最大酸素蓄積量O2MAXの上限値O2STRHの間を繰り返しているが、最大酸素蓄積量O2MAXの下限値O2STRLと最大酸素蓄積量O2MAXの上限値O2STRHに達している領域があるために補正係数Kpenaltyが適用され酸素利用量O2USEは下降方向に向って、酸素利用率O2USERは小さい値となる。また、Bの範囲では触媒コンバータ14内の酸素蓄積量O2STRが最大酸素蓄積量O2MAXの下限値O2STRLと最大酸素蓄積量O2MAXの上限値O2STRHの間を繰り返しているので酸素利用量O2USEは増加方向で酸素利用率O2USERは大きい。Cの範囲では酸素利用率O2USERを高めるためにパータベーション制御のリーン/リッチの周期を短くしているが、触媒コンバータ14内の酸素蓄積量O2STRを許容量一杯に活し切れず酸素利用量O2USEはBの範囲の値よりも下がる。

【0065】[空燃比制御(処理8)]つぎに、上記演算にて算出された酸素利用率O2USERを用いた空燃比A/Fの強制振動(パータベーション)処理について説明する。図18は空燃比の強制振動(パータベーション)の処理を示すフローチャートである。図19は図18のパータベーションの波形を示すタイミングチャートである。

【0066】まず、空燃比をリッチからリーンに切り替えるためのダウンタイムtPLの値が「0」になったかどうかを判別し(ステップS810)、値「0」になっていなければ本ルーチンを終了する。値「0」になってい

るときには、さらにリーンからリッチに切り替えるためのダウンタイムtPLの値が「0」になったかどうかを判別し(ステップS820)、値「0」になっていなければ本ルーチンを終了する。値「0」になっていなければフラグFpertが値「0」であるかどうかを判別する(ステップS830)。フラグFpertが値「0」であるときには周期tpertRをダウンタイムtPRにセットし(ステップS840)、係数Kpに値「1+Kpert」を設定してリッチ側に振動させる(ステップS850)。フラグFpertを値「1」にセットして本ルーチンを終了する(ステップS860)。ステップS830においてフラグFpertが値「1」であるときは周期tpertLをダウンカウンタtPLにセットし(ステップS870)、係数Kpに値「1-Kpert」を設定してリーン側に振動させる(ステップS880)。フラグFpertを値「0」にリセットして本ルーチンを終了する(ステップS890)。したがって、本ルーチンの実行により係数Kpは値「1.0」を中心に振幅Kpert、周期tpertR+tperLで振動する波形となる。また、触媒の酸素蓄積量の変化量(dO2)は空燃比がリッチ側にあるときの方がリーン側にあるときに比べて大きいので、リッチ時の酸素蓄積量の変化量とリーン時の変化量を等しくするためtpertR<tpertLに設定している。さらに、パータベーションの振幅および周期は後述する酸素利用率(O2USER)に応じて変更される。

【0067】図22は空間速度SVを一定にした状態で触媒温度TCATを変化させた時の触媒最大浄化率を与えるパータベーションの振幅($\Delta A/F$)および周波数(Hz)の軌跡である。また、図23は触媒温度TCATを一定にした状態で空間速度SVを変化させた時の触媒最大浄化率を与えるパータベーションの振幅($\Delta A/F$)および周波数(Hz)の軌跡である。図22および図23において「○」で囲まれる領域はそれぞれ触媒温度TCATおよび空間速度SVに応じた最大浄化率ポイントの領域を示している。図22、図23ともに最大浄化率を与えるパータベーションの振幅、周波数の軌跡は触媒温度TCATまたは空間速度SVの変化に対して振幅、周波数平面上で略双曲線的に変化することがわかる。また、最大浄化率を与える振幅、周波数のポイントは振幅、周波数平面上で原点を通る直線上に存在することがわかる。

【0068】最大浄化率を与える振幅、周波数のポイントが、振幅、周波数平面上で原点を通る直線上に存在することは以下で説明できる。

【0069】図16で説明したように、触媒浄化率に相当する酸素利用率O2USERは、O2STRが最大酸素蓄積量O2MAXと最小値(ゼロ)の間を時間的に短く変動した場合に最大になる。

【0070】よって図21で示すように、触媒浄化率を最大にするためには、パータベーションのリッチ側での

酸素蓄積量O2STRの減少量と、パータベーションのリーン側での酸素蓄積量O2STRの増加量はそれぞれ触媒の最大酸素蓄積量とする必要があり、そうすることで、リッチ側においては酸素蓄積量O2STRは最大値からゼロまで放出され、リーン側においては酸素蓄積量O2STRはゼロから最大値まで蓄積される。

【0071】ところで、パータベーションのリッチ側での酸素蓄積量O2STRの減少量は、リッチ側でのCO濃度であるパータベーションの振幅と排気ガス量である空間速度の積である単位時間当たりのO2分子放出量と、そのリッチ状態の継続時間であるパータベーションの周期の積で決定される。

【0072】同様に、パータベーションのリーン側での酸素蓄積量O2STRの増加量は、リーン側でのO2濃度であるパータベーションの振幅と排気ガス量である空間速度の積である単位時間当たりのO2分子蓄積量と、そのリーン状態の継続時間であるパータベーションの周期の積で決定される。

【0073】よって、最大浄化率を満たす、パータベーション振幅、周波数のポイントは傾きが触媒の最大酸素蓄積量と空間速度で決定される振幅、周波数平面上で原点を通る直線上に存在し、空間速度が大きいほどその直線の傾きは小さくなり、また最大酸素蓄積量(触媒温度)が大きいほど傾きは大きくなる。

【0074】上記説明は触媒の最大浄化率を与える必要条件のひとつであり、上記傾きをもつ直線上でのある特定の振幅、周期において最大浄化率が得られる。

【0075】図21はパータベーションの周波数、振幅の値を直線的に変更した場合の触媒浄化率の変化を説明する図である。

【0076】図21の(a)は最大浄化率ポイントを与える振幅、周波数を持つパータベーション波形である。

【0077】図21の(b)は、空間速度、およびパータベーションの面積(振幅×周期)を図22の(a)と同一にした状態で、振幅を2倍、周期を1/2にした場合である。この場合は触媒の単位時間当たりに処理できるO2分子量を越えた排気ガスが触媒に流入するため吸着、放出限界を越えて浄化率が低下する。

【0078】図21の(c)は、空間速度およびパータベーションの面積(振幅×周期)を図22の(a)と同一にした状態で、振幅を1/2倍、周期を2倍にした場合である。この場合は触媒にリッチな排気ガスまたはリーンな排気ガスが図22の(a)に比べて長時間流入し、HCなどの成分が触媒に付着してしまう自己被毒領域になるため、やはり浄化率が低下する。

【0079】[周波数、振幅変更速度設定処理(処理9)]始めに、振幅Kpertおよび周波数fpertR、fpertLを直線的に変更する方法についてその概略を説明する。

【0080】図20は振幅Kpert、周波数fpertR、fp

ertLの変更ルーチンを示すフローチャートであり、パータベーションの振幅と周波数を前記振幅、周波数平面において原点を通る直線上で変更させながら最大浄化率ポイントに収束させる手法を示す(処理8に対応する)。まず、吸気管内絶対圧PBA、エンジン回転数NE、車速Vなどが安定し、パータベーションを実行する運転領域にあるかどうかを判別する(ステップS910)。該運転領域にないときは、そのときの振幅Kpert、周波数fpertR、fpertLを学習値として設定して記憶し(ステップS1030)、本ルーチンを終了する。パータベーションを実行する運転領域にあるときには下流側O2センサ16による空燃比フィードバック制御(SO2F/B)を実行中であるかどうかを判別する(ステップS920)。空燃比フィードバック制御を実行していないときには前述のステップS1030を実行して、本ルーチンを終了する。空燃比フィードバック制御を実行しているときには、運転状態が変更されずに同一の運転状態を維持しているかを判別し(ステップS926)、運転状態が変更されたときには振幅Kpert、周波数fpertR、fpertLが既に学習されているかを判別する(ステップS927)。既に学習されていれば学習値を振幅Kpert、周波数fpertR、fpertLとして設定して(ステップS1030)本ルーチンを終了する。ステップS927で未だ学習されていないと判別されたときは図示しない空間速度SV/触媒温度TCATマップからSV、TCAT値に応じて振幅Kpertおよび周波数fpertR、fpertLの初期値を検索すると共に、空間速度SVに応じて振幅の変化量ΔKp、周波数の変化量ΔfPR、ΔfPLを決定して(ステップS928)本ルーチンを終了する。図24の(A)は触媒温度TCATおよび空間速度SVに対する振幅Kpertの変化量ΔKpを示す図、同(B)は触媒温度TCATおよび空間速度SVに対する周波数fpertR、fpertLの変化量ΔfPR、ΔfPLを示す図である。

【0081】変化量ΔKpおよび変化量ΔfPR、ΔfPLは、それぞれ図24の(A)の傾向および図24の(B)の傾向を有する各三次元マップまたはテーブルを検索して求められる。

【0082】ここで、再び本ルーチンが実行されて、ステップS926でエンジンの運転状態が変更されていないときにはステップS930に移行する。

【0083】つづいて、酸素利用率O2USERの変化量ΔO2USERの値が「0」より大きいかどうか、即ち酸素利用率O2USERが増加方向にあるかあるいは減少方向にあるかを判別する(ステップS930)。

【0084】ステップS930で酸素利用率O2USERの値が増加方向にあるときには周波数fpertR、fpertLをそれぞれ変化量ΔfPR、ΔfPLだけ増加し(ステップS940、ステップS950)、振幅Kpertを変化量ΔKpだけ増加する(ステップS960)。また、ステップS930において酸素利用率O2USERの値が減少方向に

あるときには周波数 f_{pertR} 、 f_{pertL} をそれぞれ変化量 Δf_{PR} 、 Δf_{PL} だけ減少させ（ステップS970、ステップS980）、振幅 K_{pert} を変化量 ΔK_p だけ減少させる（ステップS990）。

【0085】について、増減された振幅 K_{pert} および周波数 f_{pertR} 、 f_{pertL} がそれぞれのリミット値を越えたかどうかを判別し、越えている場合にはリミット処理を行う（ステップS1010）。つぎに、図示しない空間速度 SV / 触媒温度 $TCAT$ マップから SV 、 $TCAT$ 値に振幅 K_{pert} および周波数 f_{pertR} 、 f_{pertL} の学習値を算出して記憶し（ステップS1020）本ルーチンを終了する。

【0086】振幅（ $\Delta A/F$ ）の変更量（ ΔK_p ）および周波数の変更量（ Δf_{PR} 、 Δf_{PL} ）は、変更軌跡が最大浄化率を与える振幅、周波数ポイントを含むように、空間速度 SV と触媒最大酸素蓄積量（ここでは触媒温度）によって決定される図24で示すマップで与えられる。（処理9に対応する）また、処理9の振幅、周波数の変更速度設定手段は空間速度と触媒温度に応じて振幅の変更速度（ ΔK_p ）と周波数の変更速度（ Δf_{PR} 、 Δf_{PL} ）の一方を変更するものであっても、それら両方を変更するものであっても良く、いずれの手法でも最大浄化率ポイントが存在する所望の直線の傾きを与えることができる。

【0087】空間速度および触媒温度で与えられる運転領域が変化したときは、学習値が演算されないうちは初期値として図示しない空間速度、触媒温度から求められる振幅、周波数を与える。この初期値は図22または図23で与えられる最大浄化率のポイントより幾分振幅および周波数が小さい領域の値をセットして、図21の（b）のような触媒の吸着、放出限界領域を使わないようにし、エミッションの悪化を防止している。

【0088】この直線軌跡による制御では、空間速度と最大酸素蓄積量が求められれば、必ず最大浄化ポイントを与える振幅、周波数が存在する直線軌跡上で制御できるとい特徴がある。

【0089】つぎに、振幅 K_{pert} 、周波数 f_{pertR} 、 f_{pertL} を双曲線的に変更する処理について説明する。図25は振幅 K_{pert} 、周波数 f_{pertR} 、 f_{pertL} を双曲線的に変更するルーチンを示すフローチャートであり、パーティーションの振幅と周波数を前記振幅、周波数平面上で略双曲線的に変更させながら最大浄化率ポイントに収束させる手法を示す。図20ではパーティーションの周波数を所定量ずつ変更する手法により直線的な軌跡を与えたが、図25ではパーティーションの周期（周波数の逆数）を所定量ずつ変更し、また振幅と周期の変更方向を図20とは逆向きに与えることによって略双曲線的な軌跡を与えるものである。（処理8に対応する）。

【0090】図25のフローチャートにおいて、まず、吸気管内絶対圧 PBA 、エンジン回転数 NE 、車速 V など

が安定し、パーティーションを実行する運転領域にあるかどうかを判別する（ステップS91）。該運転領域にないときは、そのときの振幅 K_{pert} 、周期 t_{pertR} 、 t_{pertL} を学習値に設定して記憶し（ステップS103）本ルーチンを終了する。パーティーションを実行する運転領域にあるときには下流側O2センサ16による空燃比フィードバック制御（ $SO2F/B$ ）を実行中であるかどうかを判別する（ステップS92）。空燃比フィードバック制御を実行していないときには前述のステップS103を実行して、本ルーチンを終了する。空燃比フィードバック制御を実行しているときには、酸素利用率 $O2USER$ の変化量 $\Delta O2USER$ の値が「0」より大きいかどうか、即ち酸素利用率 $O2USER$ が増加方向にあるかあるいは減少方向にあるかを判別する（ステップS93）。酸素利用率 $O2USER$ の値が増加方向にあるときには周期 t_{pertR} 、 t_{pertL} をそれぞれ変化量 Δt_{PR} 、 Δt_{PL} だけ増加し（ステップS94、ステップS95）、振幅 K_{pert} を変化量 ΔK_p だけ増加する（ステップS96）。また、ステップS93において酸素利用率 $O2USER$ の値が減少方向にあるときには周期 t_{pertR} 、 t_{pertL} をそれぞれ変化量 Δt_{PR} 、 Δt_{PL} だけ増加させ（ステップS97、ステップS98）、振幅 K_{pert} を変化量 ΔK_p だけ減少させる（ステップS99）。振幅 K_{pert} の変化量 ΔK_p および周期 t_{pertR} 、 t_{pertL} の変化量 Δt_{PR} 、 Δt_{PL} は空間速度 SV および触媒温度 $TCAT$ に応じた値が用いられる。

【0091】について、斯く増減された振幅 K_{pert} および周期 t_{pertR} 、 t_{pertL} がそれぞれのリミット値を越えたかどうかを判別し、越えている場合にはリミット処理を行う（ステップS101）。つぎに、図示しない空間速度 SV / 触媒温度 $TCAT$ マップから SV 値、 $TCAT$ 値に応じて振幅 K_{pert} および周期 t_{pertR} 、 t_{pertL} を学習して記憶し（ステップS102）本ルーチンを終了する。

【0092】ここで、振幅（ $\Delta A/F$ ）の変更量（ ΔK_p ）および周期の変更量（ Δt_{PR} 、 Δt_{PL} ）は、変更軌跡が最大浄化率を与える振幅、周波数ポイントを含むように空間速度 SV と触媒の最大酸素蓄積量（ここでは触媒温度）によって決定される図26で示すマップで与えられる。（処理9に対応する）また処理9の振幅、周波数の変更速度設定手段は空間速度と触媒温度に応じて振幅の変更速度（ ΔK_p ）と周期の変更速度（ Δt_{PR} 、 Δt_{PL} ）の一方を変更するものであっても、それら両方を変更するものであっても良く、いずれの手法でも所望の双曲線軌跡を与えることができる。

【0093】この双曲線軌跡による制御では、図22または図23で示されるように最大浄化ポイントは略双曲線的な分布をしているために、触媒状態の変化、特に時間的にすばやく変化する空間速度（触媒流入排気ガス量）の変化に対して過渡的な応答性が優れているという

特徴がある。

【0094】燃料噴射量 T_{out} の演算処理(処理11)燃料噴射量 T_{out} の基本燃料量 T_i はエンジン回転数 NE および吸気管内絶対圧 PBA から決定される。燃料噴射量 T_{out} は決定された基本燃料量 T_i に補正係数 K_{TOTAL} 及び係数 K_p を乗じ、次の処理10で算出される空燃比補正係数 K_{O2} を乗じて数式11に示すように算出される。補正係数 K_{TOTAL} は、エンジン冷却水温 T_w 補正係数、高負荷時リッチ化補正係数、減速時リーン化補正係数等を含む燃費や加速特性等のエンジン諸特性向上のための補正係数の総和である。

【0095】

【数11】 $T_{out} = T_i \times K_p \times K_{TOTAL} \times K_{O2}$

【空燃比補正係数 K_{O2} の演算処理(処理10)】図27および図28は上流側 O_2 センサ16の出力電圧 FV_{O2} に応じて空燃比補正係数 K_{O2} の算出を行う空燃比補正係数 K_{O2} 算出ルーチンのフローチャートである。

【0096】ステップS1610では、第1及び第2のリーンリッチフラグ $FAF1$ 及び $FAF2$ の初期化を行う。第1のリーンリッチフラグ $FAF1$ は、図30(a)、(b)に示すように上流側 O_2 センサ出力電圧 FV_{O2} が基準電圧 FV_{REF} (例えば0.45V)より高いリッチ状態のとき値1に設定されるフラグであり、第2のリーンリッチフラグ $FAF2$ は、図30(d)に示すように第1のリーンリッチフラグ $FAF1$ が反転した(0→1又は1→0に変化した)時点から一定時間遅延してフラグ $FAF1$ と同一値に設定されるフラグである。

【0097】これらのフラグ $FAF1$ 、 $FAF2$ の初期化は具体的には図29に示すプログラムにより実行される。まず、フィードバック制御開始直後か否か、即ち、前回までオープンループ制御を実行し、今回からフィードバック制御を開始するの否かを判別し(ステップS1910)、開始時でなければ、初期化する必要がないので、直ちに本プログラムを終了する。

【0098】開始時のときには、上流側 O_2 センサ出力電圧 FV_{O2} が基準電圧 FV_{REF} より低いか否かを判別する(ステップS1920)。 $FV_{O2} < FV_{REF}$ が成立するときには第1及び第2のリーンリッチフラグ $FAF1$ 、 $FAF2$ を値0に設定する一方(ステップS1930)、 $FV_{O2} \geq FV_{REF}$ が成立するときにはいずれも値1に設定する(ステップS1940)。

【0099】図27に戻り、ステップS1620までは K_{O2} 値の初期化を行う。即ち、オープンループ制御からフィードバック制御へ移行した直後、あるいはフィードバック制御中にスロットル弁が急激に開弁されたときには、学習値 K_{REF} を K_{O2} 値の初期値として設定する。上記以外のときには、何も行わない。

【0100】続くステップS1630では、今回 K_{O2} 値が初期化されたか否かを判別し、初期化されたときに

は直ちにステップS1790に進む一方、初期化されなかったときには、ステップS1640に進む。

【0101】フィードバック制御開始時は、ステップS1630の答が肯定(YES)となるので、ステップS1790～S1840においてリーンリッチフラグ $FAF1$ 、 $FAF2$ の値に応じてP項発生ディレーカウンタ $CDLY1$ の初期値設定及び K_{O2} 値の積分制御(I項制御)を行う。カウンタ $CDLY1$ は、図30(b)

(c)(d)に示すように、第1のリーンリッチフラグ $FAF1$ の反転時点から第2のリーンリッチフラグ $FAF2$ を反転させるまでの遅延時間、即ち O_2 センサ出力 FV_{O2} の反転時点から比例制御(P項制御)を実行するまでの時間を計測するものである。

【0102】ステップS1790では第2のリーンリッチフラグ $FAF2$ が値0か否かを判別し、 $FAF2=0$ のときにはステップS1800(図28)に進み、第1のリーンリッチフラグ $FAF1$ が値0か否かを判別する一方、 $FAF2=1$ のときにはステップS1830(図28)に進み、第1のリーンリッチフラグ $FAF1$ が値1か否かを判別する。フィードバック制御開始時は、 $FV_{O2} < FV_{REF}$ であれば $FAF1=FAF2=0$ であるので(図29参照)、ステップS1790、S1800を経てステップS1810に至り、カウンタ $CDLY1$ に負の所定値 TDR が設定される。また $FV_{O2} \geq FV_{REF}$ であれば、 $FAF1=FAF2=1$ であるので、ステップS1790、S1830を経てステップS1840に至り、カウンタ $CDLY1$ に正の所定値 TDL が設定される。フラグ $FAF1$ 及び $FAF2$ がともに値0又はともに値1以外のときは、カウンタ $CDLY1$ の初期値設定は行わず、 $FAF2=0$ であれば K_{O2} 値に所定値 I を加算する一方(ステップS1820)、 $FAF2=1$ であれば K_{O2} 値から所定値 I を減算し(ステップS1850)、ステップS1860に進む。また、 TDR 、 TDL は第1実施形態では固定値であるが、後述する第2実施形態において酸素蓄積量 O_2STR によって変更される。

【0103】図27のステップS1630の答が否定(NO)、即ち K_{O2} 値が今回初期化されなかったときは、ステップS1640に進み、上流側 O_2 センサ出力電圧 FV_{O2} が基準電圧 FV_{REF} より低いか否かを判別する。その結果、 $FV_{O2} < FV_{REF}$ が成立するときには、ステップS1650に進み、第1のリーンリッチフラグ $FAF1$ を値0に設定するとともに、P項発生ディレーカウンタ $CDLY1$ を値1だけデクリメントする(図30(c)、T4、T10参照)。次いで、カウンタ $CDLY1$ のカウント値が負の所定値 TDR より小さいか否かを判別し(ステップS1660)、 $CDLY1 < TDR$ が成立するときには $CDLY1=TDR$ とする一方(ステップS1670)、 $CDLY1 \geq TDR$ が成立するときには直ちにステップS1710に進む。

【0104】ステップS1640の答が否定(NO)、即ちFVO2 \geq FVREFが成立するときには、第1のリーンリッチフラグFAF1を値1に設定するとともに、カウンタCDLY1を値1だけインクリメントする(図30(c)、T2、T6、T8参照)。次いでカウンタCDLY1のカウンタ値が正の所定値TDLより大きいかなんかを判別し(ステップS1690)、CDLY1>TDLが成立するときにはCDLY1=TDLとする一方(ステップS1700)、CDLY1 \leq TDLが成立するときには直ちにステップS1710に進む。

【0105】ここでステップS1630、S1670、S1690、S1700は、カウンタCDLY1のカウンタ値が負の所定値TDRより小、あるいは正の所定値TDLより大とならないようにするために設けられている。

【0106】ステップS1710では、カウンタCDLY1のカウンタ値の符号(正負)が反転したかなんかを判別し、反転しないときには前記ステップS1790~S1850のI項制御を実行する一方、反転しているときにはステップS1720~S1780のP項制御を実行する。

【0107】ステップS1720では、第1のリーンリッチフラグFAF1が値0であるかなんかを判別し、FAF1=0のときには、図28のステップS1730に進み、第2のリーンリッチフラグFAF2を値0とするとともに、カウンタCDLY1のカウンタ値を負の所定値TDRとし(ステップS1740)、さらに空燃比補正係数KO2を数式12により算出する(ステップS1750)(図30、時刻t4、t10参照)。

【0108】

【数12】 $KO2 = KO2 + (PR1 + PR2)$

ここで、PR1は後述する図33にて求められる下流側O2センサに応じた第1のリッチ補正用比例項(P項)である。また、PR2は後述する図36にて求められるO2STRに応じた第2のリッチ補正用比例項(P項)であるが、第1実施形態ではPR2=0とする。

【0109】ステップS1720の答が否定(NO)、即ちFAF1=1であるときには、第2のリーンリッチフラグFAF2を値1とするとともにカウンタCDLY1のカウンタ値を正の所定値TDLとし(ステップS1760、S1770)、さらに補正係数KO2を数式13により算出する(ステップS1780)(図30、時刻t2、t8参照)。

【0110】

【数13】 $KO2 = KO2 - (PL1 + PL2)$

ここで、PL1はPR1と同様に後述する図33にて求められる第1のリーン補正用比例項(P項)である。また、PL2は後述する図36にてPR2と同様に求められる第2のリーン補正用比例項(P項)であるが、第1実施形態ではPL2=0とする。続くステップS186

0ではKO2値のリミットチェックを行い、次いでKO2値の学習値KREFの算出(ステップS1870)及びKREF値のリミットチェック(ステップS1880)を行って本プログラムを終了する。

【0111】図27および図28のプログラムによれば、図30に示すように、上流側O2センサ出力電圧FVO2の反転時点(時刻t1、t3、t7、t9)から所定時間(T2、T4、T8、T10)遅延して、P項制御が実行され(時刻t2、t4、t8、t10)、第2のリーンリッチフラグFAF2=0の間中はKO2値の増加方向のI項制御が実行され(T1、T2、T5~T8)、FAF2=1の間中はKO2値の減少方向のI項制御が実行される(T3、T4、T9、T10)。なお、時刻t5~t7間でセンサ出力FVO2が短い周期で変動しているが、負の所定値TDRに対応するP項制御の遅延時間より変動周期が短いため、第2のリーンリッチフラグFAF2が反転せず、P項制御は実行されない。

【0112】つぎに、下流側O2センサ16の出力による空燃比フィードバック制御について説明する。図31は下流側O2センサ16の出力による空燃比フィードバック制御ルーチンを示すフローチャートである。まず、下流側O2センサ16の出力による空燃比フィードバック制御の条件が成立しているかどうかを判別する(ステップS1310)。また、本ルーチンを前回実行したときに下流側O2センサ16の出力による空燃比フィードバック制御の条件が成立していたかどうかを判別する(ステップS1320)。ステップS1310およびステップS1320のうちいずれかにおいて空燃比フィードバック制御条件が成立しているときには、図32に示すテーブルを検索して、下流側O2センサ16の出力SVO2に応じたリーンリッチのストイキ状態からのずれ量SD λ 0を求める(ステップS1330)。斯く検索して求めたずれ量SD λ 0に基づいて数式14により比例・積分演算を行いSD λ を算出する(ステップS1340)。

【0113】

【数14】

$SD\lambda SUM = SD\lambda SUM + KI \times SD\lambda 0$

$SD\lambda = SD\lambda SUM + Kp \times SD\lambda 0$

算出されたSD λ がリミット値を越えているかどうかを判別し、越えているときはリミット値に固定するリミットチェック処理を行ない(ステップS1350)、学習値SD λ REFを数式15により算出する(ステップS1360)。

【0114】

【数15】 $SD\lambda REF = \alpha 5 \times SD\lambda + (1 - \alpha 5) \times SD\lambda REF$

ここで $\alpha 5$ は平均化係数である。

【0115】つづいて、図33に示すテーブルを検索し

て、SDλに対応する第1のP項ゲインPR1、PL1を求める(ステップS1370)。また、ステップS1310およびS1320のいずれにおいても、空燃比フィードバック制御条件が満足されないときには学習値SDλREFをSDλと設定した(ステップS1380)後、前記テーブルを検索して第1のP項PR1、PL1を求める。第1のP項PR1、PL1は前述の空燃比補正係数KO2の算出ルーチンの処理において空燃比補正係数KO2の算出に用いられる。これにより、算出された空燃比補正係数KO2は燃料噴射時間T_{out}に反映される。

【0116】このようにして、酸素利用率O2USERを用いた空燃比A/F制御において、直線的あるいは双曲線的にパータベーション制御を行なうことでエンジンの運転状態および触媒の活性状態に応じた最大浄化率を確保でき、排気エミッション特性を著しく改善できると共に、エンジンの運転状態の変化に応答性良く追従して浄化率を高めることができる。

【0117】[第1実施形態の変形例] 前記第1実施形態の空燃比制御装置では、パータベーションの周波数f_{pertR}、f_{pertL}および振幅K_{pert}を酸素利用率O2USERの正負の制御に応じて変更することにより最大浄化率を与える領域を求めているが、予め、空間速度SVおよび触媒温度TCATに応じた最大浄化率に対応する周波数f_{pertR}、f_{pertL}および振幅K_{pert}が実験等により求められているときにはマップに基づいて直接に決定してもよい。

【0118】図34はマップを用いて決定された周波数f_{pertR}、f_{pertL}および振幅K_{pert}による強制振動処理ルーチンを示すフローチャートである。本ルーチンは前記第1実施形態の強制振動処理ルーチンに対応しており(図18)、ステップS835およびステップS865においてf(TCAT, SV)マップにより直接にエンジン運転状態を示す空間速度SVおよび触媒の活性状態を示すTCATに応じた周波数f_{pertR}、f_{pertL}および振幅K_{pert}を検索して決定する。

【0119】このように、前記第1実施形態の変形例である空燃比制御装置によれば、空間速度SVおよび触媒温度TCATに応じた最大浄化率が即座に得られ一層応答性の高い制御を行なうことができる。

【0120】[第2実施形態の全体の制御処理] つぎに、第2実施形態の空燃比制御装置について説明する。図35は本実施形態の空燃比装置における全体の制御処理の概略を示すブロック図である。内燃機関および空燃比制御装置の全体的構成は前記第1実施形態と同じである。また、燃料制御装置は前記第1実施形態と同様に触媒温度TCATを推定する処理(処理1)と、触媒の劣化を推定する処理(処理2)と、触媒コンバータ14の最大酸素蓄積量O2MAXを推定する処理(処理3)と、最大酸素蓄積量O2MAXを修正する処理(処理4)と、触媒コ

ンバータ14の上流側の空燃比A/Fを推定する処理(処理5)と、触媒コンバータ14に蓄積されている酸素蓄積量O2STRを推定する処理(処理6)と、触媒コンバータ14の酸素利用率O2USERを算出する処理(処理7)と、酸素利用量O2USEに応じて空燃比補正係数KO2のF/Bパラメータ(PR, PL, TDR, TDL)を調整することにより触媒浄化率を向上させるように該空燃比A/Fを制御する処理(処理8)と、FBパラメータ(PR, PL, TDR, TDL)を運転状態に応じて変更する処理(処理9)と、空燃比補正係数KO2を演算する処理(処理10)と、数式16に基づいて噴射燃料量T_{out}を算出する処理(処理11)を行なうものである。

【0121】

【数16】

$$T_{out} = T_i \times K_{TOTAL} \times KO2$$

第1実施形態ではパータベーションの周期および振幅を変更することにより酸素利用率O2USERを最大にする空燃比A/F制御を行なった(図2の処理8)が、本第2実施形態では空燃比フィードバック定数である下流側O2センサの出力が反転した時点から空燃比補正係数KO2の比例制御を実行するまでのディレイ時間TDR, TDLおよび空燃比補正係数KO2をスキップさせるスキップ量(P項ゲインPR, PL)を変更することにより酸素利用率O2USERを最大にする擬似パータベーションの空燃比制御を行なう。つづいて、空燃比制御ルーチンについて説明する。

【0122】図36は第2実施形態の酸素利用率O2USERを用いた空燃比制御ルーチン(処理8)を示すフローチャートである。本ルーチンはタイマー処理によりくりかえし実行される。まず、吸気管内絶対圧PBA、エンジン回転数NE、車速V、スロットル弁開度θTHなどが所定範囲内にあつて、PBA値、θTH値が安定している空燃比フィードバック制御の実行領域にあるかどうかを判別する(ステップS1110)。下流側O2センサ16による空燃比フィードバック制御中であるかどうかを判別し(ステップS1120)、空燃比フィードバック制御中であるときには、エンジンの運転状態が変更されずに同一の運転状態であるか否かを判別し(ステップS1123)、運転状態が変更されたときにはP項ゲインPR2、PL2およびリッチリーン反転ディレイ時間TDR、TDLが既に学習されているか否かを判別する(ステップS1124)。既に学習されていれば学習値をPR2、PL2、TDR、TDLに代入して(ステップS1210)本ルーチンを終了する。ステップS1124で未だ学習されていないと判別されたときは、図示しないSV/TCATマップによりSV値、TCAT値に応じたリッチ側およびリーン側の第2のP項ゲインPR2、PL2およびリッチリーン反転ディレイ時間TDL、TDRの初期値を検索すると共に、P項ゲインの変化分D

PR、DPLおよびリッチリーン反転ディレイ時間の変化分DTDR、DTD Lも空間速度SVおよび触媒温度TCATに応じて設定して(ステップS1125)本ルーチンを終了する。リッチリーン反転ディレイ時間の変化分DTDR、DTD Lは後述する疑似パーティーションの周波数が前記第1実施形態の図22に示す直線軌跡上を変化するような値に設定される。

【0123】再び本ルーチンを実行してステップS1123で運転状態が変更されていないと判別されたとき、酸素利用率O2USERが増加方向にあるかあるいは減少方向にあるかを判別する(ステップS1130)。増加方向にあるときはリッチ側およびリーン側の第2のP項ゲインPR2、PL2を前回値に所定値DPR、DPLを加えて増加させ(ステップS1140)、リッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLを前回値から所定値DTDR、DTD Lを減算して減少させる(ステップS1150)。リッチ側/リーン側の第2のP項ゲインPR2、PL2の増加およびリッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLの減少は、それぞれ前述したパーティーション処理における振幅Kpertを増加し、周波数fpertR、fpertLを短くすることに相当する。一方、酸素利用率Oが減少方向にあるときはリッチ側およびリーン側のP項ゲインPR2、PL2を前回値からDPR、DPLを差し引いて減少し(ステップS1160)、リッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLを前回値にDTDR、DTD Lを加えて増加させる(ステップS1170)。かかるP項ゲインPR2、PL2およびリッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLの変更により、前記第1実施形態と同様に面積($\Delta A/F \times T$)を一定とした疑似パーティーション制御を行なうことができる。

【0124】つづいて、第2のP項ゲインPR2、PL2およびディレイ時間TDR、TDLがリミット値を越えているかどうかを判別し、越えているときは該リミット値に設定するリミットチェック処理を行なった(ステップS1180)後第2のP項ゲインPR2、PL2およびディレイ時間TDR、TDLを図示しないSV/TCATマップにより学習する(ステップS1190)。

【0125】また、ステップS1110およびステップS1120でそれぞれ空燃比フィードバック制御の実行領域にあるとき、あるいは下流側O2センサ16による空燃比フィードバック制御が実行中でないときは第2のP項ゲインPR2、PL2およびディレイ時間TDR、TDLを前回までに算出されている学習値に設定する(ステップS1210)。

【0126】この第2のP項PR2、PL2及びディレイ時間TDR、TDLに基づいて、さらに空燃比補正係数KO2が算出される。こうして算出された空燃比補正係数KO2の値は前記数式16に従って処理11にて基本燃料量Tiおよび補正係数KTOTALに乗算されて燃料

噴射量Toutが求まる。空燃比補正係数KO2の算出は前記第1実施形態と同様である。

【0127】また、直線的に疑似パーティーションを行なう代わりに、前記第1実施形態と同様に双曲線的に疑似パーティーションを行なうことができる。図37は双曲線的に疑似パーティーションを行なう場合の空燃比制御ルーチンを示すフローチャートである。ステップS1123およびステップS1125を削除し、ステップS1150およびステップS1170を変更した他は直接的にパーティーション制御を行なう場合と同じである。すなわち、空燃比フィードバック制御中であるときに、酸素利用率O2USERが増加方向にあるかあるいは減少方向にあるかを判別する(ステップS1130)。増加方向にあるときはリッチ側およびリーン側の第2のP項ゲインPR2、PL2を前回値に所定値DPR、DPLを加えて増加し(ステップS1140)、リッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLを前回値に所定値DTDR、DTD Lを加えて増加させる(ステップS1150)。リッチ側/リーン側の第2のP項ゲインPR2、PL2の増加およびリッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLの増加は、それぞれ前述したパーティーション処理における振幅Kpertを増加し、周波数fpertR、fpertLを長くすることに相当する。一方、酸素利用率O2USERが減少方向にあるときはリッチ側およびリーン側のP項ゲインPR2、PL2を前回値からDPR、DPLを差し引いて減少し(ステップS1160)、リッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLを前回値からDTDR、DTD Lを差し引いて減少させる(ステップS1170)。リッチリーン反転ディレイ時間の変化分DTDR、DTD Lは疑似パーティーションの周波数が前記第1実施形態の図23に示す双曲線軌跡上を整数値で変化するような値に設定される。つづいて、第2のP項ゲインPR2、PL2およびディレイ時間TDR、TDLがリミット値を越えているかどうかを判別し、越えているときは該リミット値に設定するリミットチェック処理を行なった(ステップS1180)後第2のP項ゲインPR2、PL2およびディレイ時間TDR、TDLを図示しないSV/TCATマップにより学習する(ステップS1190)。かかるP項ゲインPR2、PL2およびリッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLの変更により前記第1実施形態と同様の双曲線的なパーティーション制御を行なうことができる。

【0128】以上示したように、第2実施形態の空燃比制御装置によれば、前記第1実施形態と同様に排気エミッション特性を著しく改善することができる。しかも、通常空燃比制御処理において疑似パーティーションを行なうことで、別に第1実施形態の強制振動処理ルーチンを設けなくて済むことができる。

【0129】[第2実施形態の変形例] 前記第1実施形態の変形例と同様に、第2実施形態において空間速度S

Vおよび触媒温度TCATに応じた最大浄化率のP項ゲインPR2、PL2およびリッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLが実験等により予め求められているときには、これらの値をマップ化しておき、空間速度SVおよび触媒温度TCATにより直接にP項ゲインPR2、PL2およびリッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLを決定してもよい。

【0130】図38および図39はマップを用いて決定されるP項ゲインPR2、PL2およびリッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLによる空燃比補正係数KO2の算出ルーチンを示すフローチャートである。図38および図39に示す本ルーチンは前記第1実施形態の図27および図28に対応するものである。

【0131】ステップS1665およびステップS1695において、リッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLを $f(TCAT, SV)$ マップから直接に決定し、ステップS1745およびステップS1775においてP項ゲインPR、PLを $f(TCAT, SV)$ マップから直接に決定することで、エンジンの運転状態の変化に一層応答性よく最大浄化率の制御を行なうことができる。

【0132】

【発明の効果】本発明の請求項1に係る内燃機関の空燃比制御装置によれば、最大酸素蓄積量演算手段により触媒コンバータに蓄積できる最大酸素蓄積量を演算し、強制振動手段により内燃機関に供給される混合気空燃比を所定の周波数および振幅で振動させ、振動変更手段により前記周波数および振幅を所定の変化量ずつ増減し、変化量設定手段により該周波数および/または振幅の変化量を前記最大酸素蓄積量に応じて設定するので、常に触媒コンバータの活性状態に応じた最大浄化率を得ることができ、排気エミッション特性の向上を図ることができる。

【0133】請求項2に係る空燃比制御装置によれば、請求項1記載の空燃比制御装置において前記最大酸素蓄積量演算手段は前記最大酸素蓄積量を触媒温度および触媒コンバータの劣化度合いの少なくとも一方から演算するので、最大酸素蓄積量を正確に演算できる。

【0134】請求項3に係る空燃比制御装置によれば、請求項2記載の内燃機関の空燃比制御装置において前記最大酸素蓄積量演算手段は、更に前記触媒コンバータの下流側に配された酸素センサの出力に基づいて前記最大酸素蓄積量を演算するので、最大酸素蓄積量を正確に演算できる。

【0135】請求項4に係る空燃比制御装置によれば、酸素センサの出力に基づいて検出手段により前記触媒コンバータの最大酸素蓄積量を検出し、強制振動手段により前記内燃機関に供給される混合気空燃比を、理論空燃比を挟んでリッチ及びリーンに所定の周波数及び振幅で強制的に振動させ、設定手段により前記周波数及び振

幅の少なくとも一方を前記最大酸素蓄積量に応じて設定するので、触媒コンバータの状態に応じた空燃比制御を行うことにより常に触媒コンバータの最大浄化率を確保して排気ガスエミッション特性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る空燃比制御装置を装備した内燃機関の全体構成図である。

【図2】第1実施形態の空燃比制御装置における全体の制御処理の概略を示すブロック図である。

【図3】触媒温度TCATの推定ルーチンを示すフローチャートである。

【図4】積分値TOUTSUMに応じて係数 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ の値を決定するためのテーブルを示すグラフである。

【図5】吸気温度TAおよび車速Vに応じて補正係数KATCATを決定するためのテーブルを示すグラフである。

【図6】車速Vおよび吸気温度TAに応じて補正係数 $K\alpha$ の値を決定するためのテーブルを示すグラフである。

【図7】空燃比A/Fに応じて補正係数KA/Fを決定するためにテーブルを示すグラフである。

【図8】触媒温度TCATに応じて最大酸素蓄積量O2MAXを決定するためにテーブルを示すグラフである。

【図9】最大酸素蓄積量O2MAXの修正ルーチンを示すフローチャートである。

【図10】空燃比推定ルーチンを示すフローチャートである。

【図11】触媒コンバータ14の触媒作用を示す模式図である。

【図12】反応係数に係わる劣化係数 $k1R$ 、 $k2R$ および温度係数 $k1CAT$ 、 $k2CAT$ の値を示すグラフである。

【図13】触媒コンバータに入力される排気ガスの空燃比A/FとCO濃度およびO2濃度との関係を示す特性図である。

【図14】触媒コンバータ14内の酸素蓄積量O2STRの演算ルーチンを示すフローチャートである。

【図15】触媒温度TCATに対する上限値O2STRHおよび下限値O2STRLの値を示すグラフである。

【図16】酸素蓄積量O2STRの時間的变化を示す波形図である。

【図17】酸素利用率O2USERの演算ルーチンを示すフローチャートである。

【図18】空燃比の強制振動（パートベーション）の処理を示すフローチャートである。

【図19】図18のパートベーションの波形を示すタイミングチャートである。

【図20】振幅 $Kpert$ 、周波数 $f pertR$ 、 $f pertL$ の変更ルーチンを示すフローチャートである。

【図21】パートベーションの周波数、振幅の値を直線的に変更した場合の触媒浄化率の変化を示す説明図である。

31

【図22】空間速度SVを一定にした状態で触媒の温度TCATを変化させた時の触媒最大浄化率を与えるパータベーションの振幅($\Delta A/F$)および周波数(Hz)の軌跡である。

【図23】触媒温度TCATを一定にした状態で空間速度SVを変化させた時の触媒最大浄化率を与えるパータベーションの振幅($\Delta A/F$)および周波数(Hz)の軌跡である。

【図24】空間速度SV、触媒温度TCATに応じた振幅Kpertの変化量 ΔKp 、周波数fpertR、fpertLの変化量 ΔfPR 、 ΔfPL を決定するテーブルを示す説明図である。

【図25】振幅Kpert、周期tpertR、tpertLの変更ルーチンを示すフローチャートである。

【図26】空間速度SVおよび触媒温度TCATに対する振幅の変化量 ΔKp および周期の変化量 ΔtPR 、 tPL を示すグラフである。

【図27】上流側O₂センサ16の出力電圧FVO₂に応じて空燃比補正係数KO₂の算出を行う空燃比補正係数KO₂算出ルーチンのフローチャートである。

【図28】図27につづく、上流側O₂センサ16の出力電圧FVO₂に応じて空燃比補正係数KO₂の算出を行う空燃比補正係数KO₂算出ルーチンのフローチャートである。

【図29】FAF1、FAF2の初期化ルーチンを示すフローチャートである。

【図30】空燃比補正係数KO₂の変化を示すタイミングチャートである。

【図31】下流側O₂センサ16による空燃比フィードバック制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図32】ずれ量SD λ と下流側O₂センサの出力SV

32

O₂との関係を示すテーブルである。

【図33】ずれ量D λ とP項ゲイン(PR、PL)の関係を示すテーブルである。

【図34】マップを用いて決定された周波数fpertR、fpertLおよび振幅Kpertによる強制振動処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図35】第2実施形態の空燃比装置における全体の制御処理の概略を示すブロック図である。

【図36】第2実施形態の酸素利用率O₂USERを用いて直線的に擬似パータベーションを行なう場合の空燃比制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図37】双曲線的に擬似パータベーションを行なう場合の空燃比制御ルーチンを示すフローチャートである。

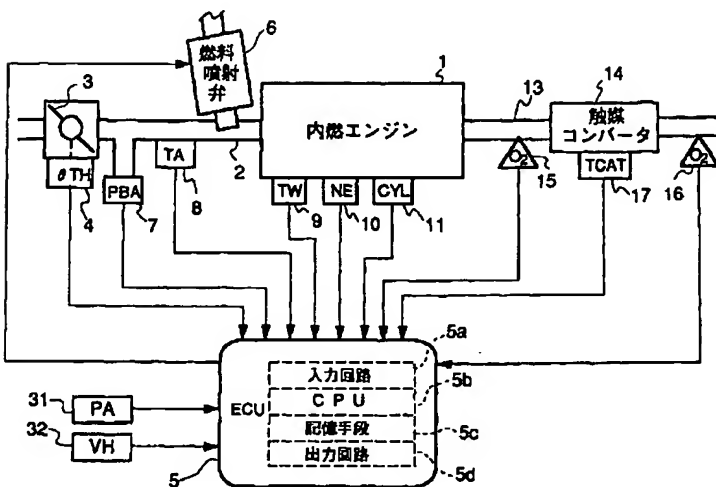
【図38】マップを用いて決定されるP項ゲインPR2、PL2およびリッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLによる空燃比補正係数KO₂の算出ルーチンを示すフローチャートである。

【図39】図38につづく、マップを用いて決定されるP項ゲインPR2、PL2およびリッチ/リーン反転ディレイ時間TDR、TDLによる空燃比補正係数KO₂の算出ルーチンを示すフローチャートである。

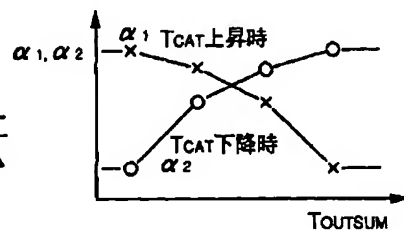
【符号の説明】

- 1 … 内燃機関
- 5 … ECU
- 8 … 吸気温度センサ
- 9 … 冷却水温センサ
- 14 … 触媒コンバータ
- 15 … 上流側の酸素濃度センサ
- 16 … 下流側の酸素濃度センサ
- 32 … 車速センサ

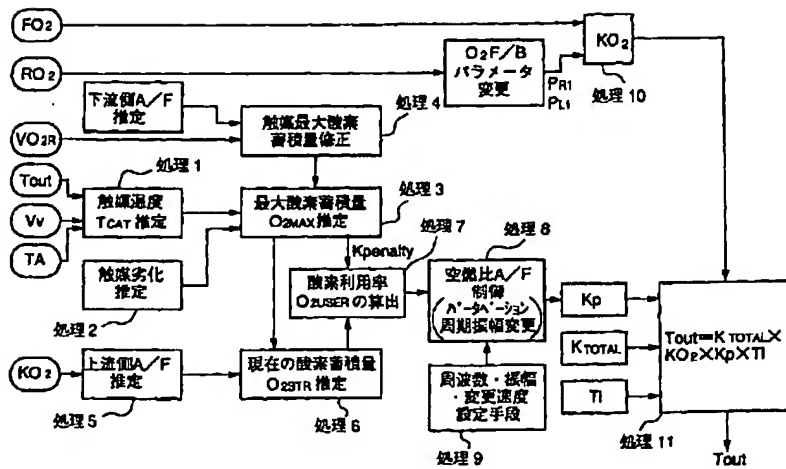
【図1】



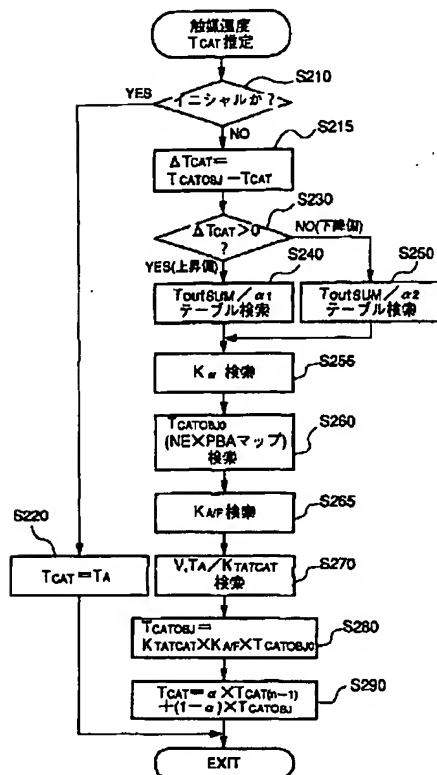
【図4】



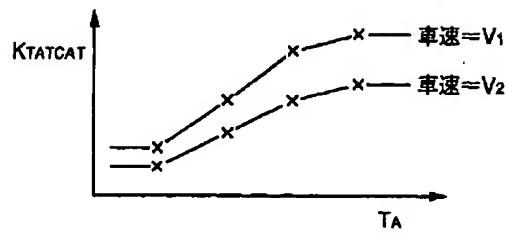
【図2】



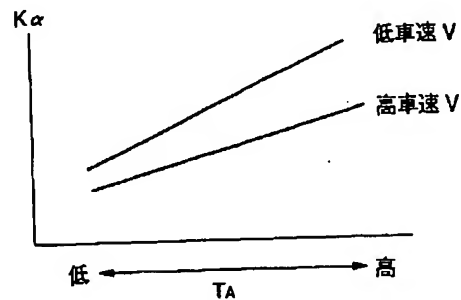
【図3】



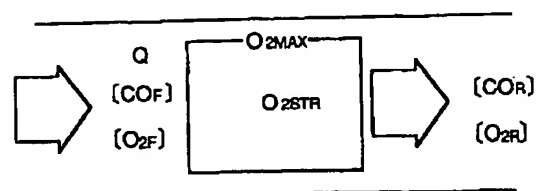
【図5】



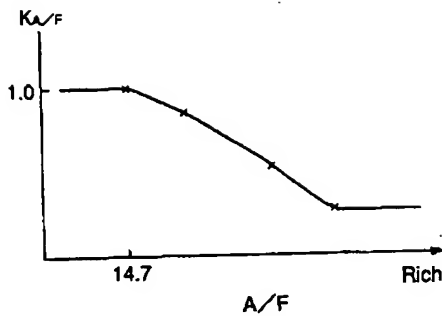
【図6】



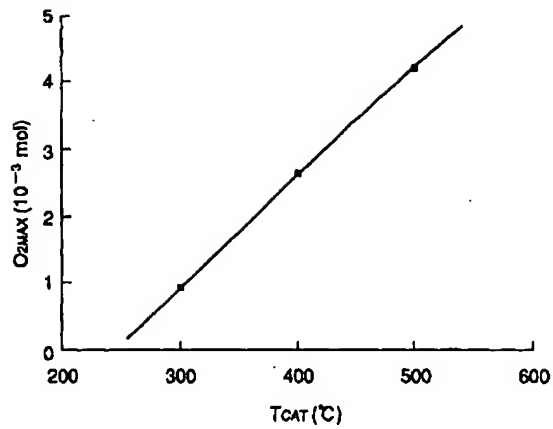
【図11】



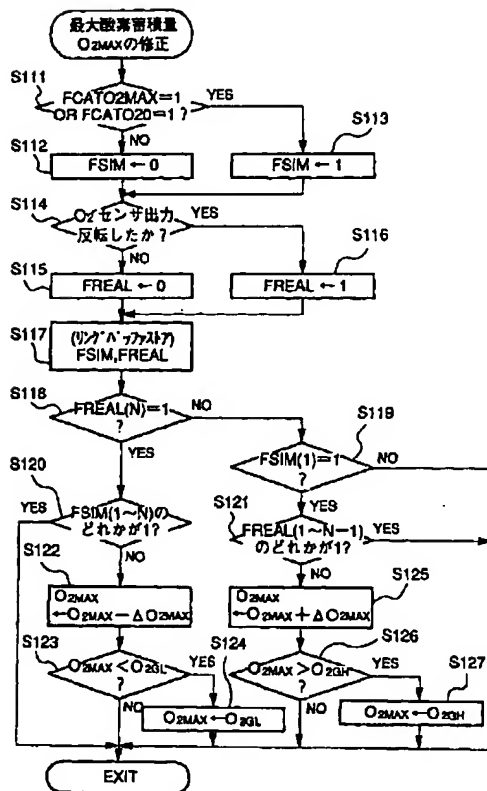
【図7】



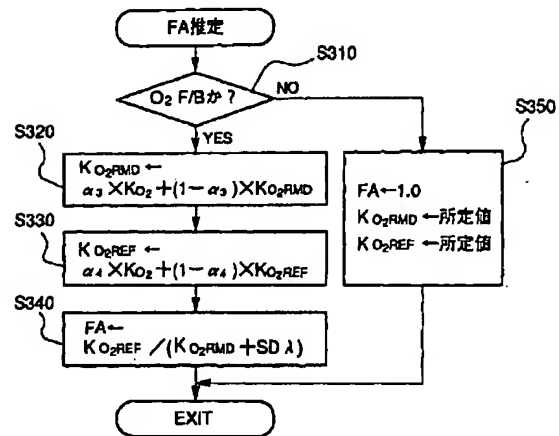
【図8】



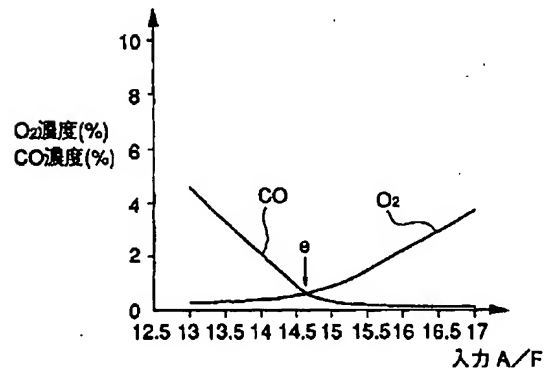
【図9】



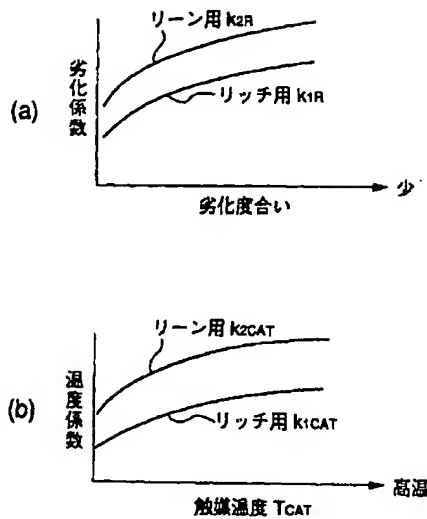
【図10】



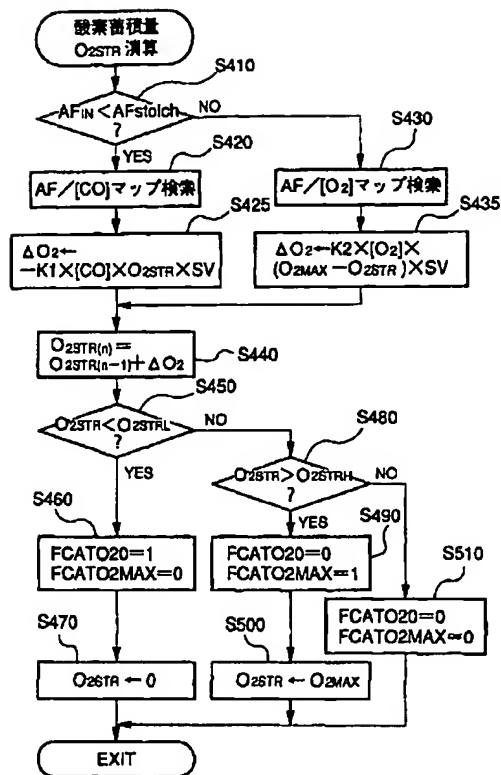
【図13】



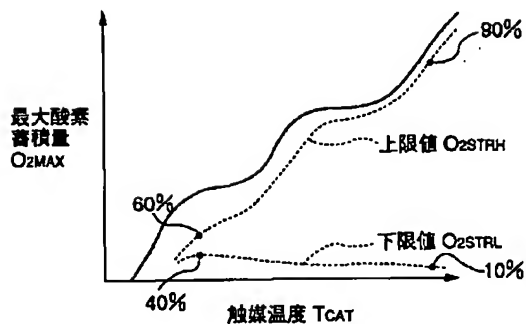
【図12】



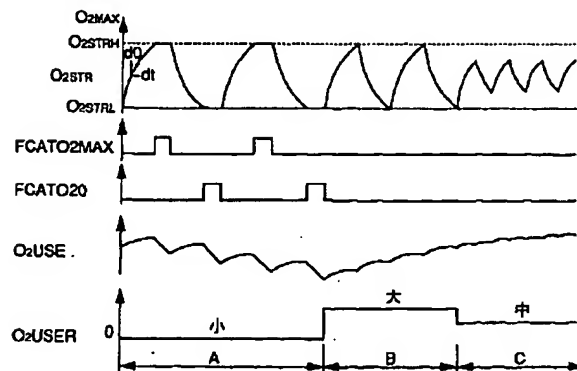
【図14】



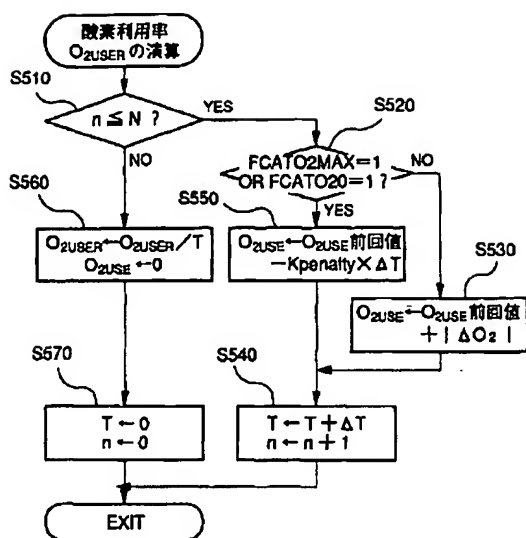
【図15】



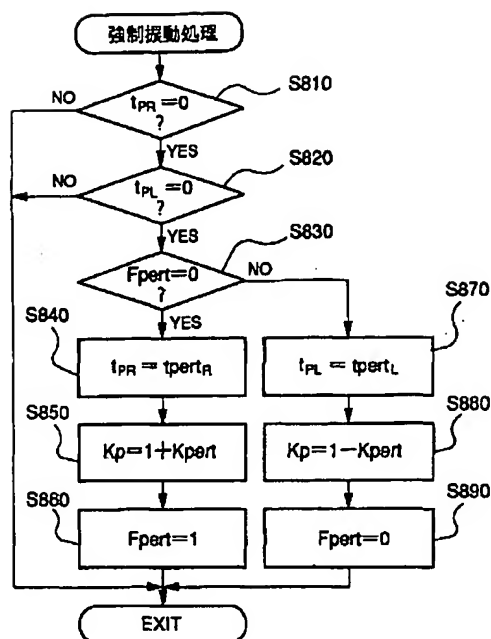
【図16】



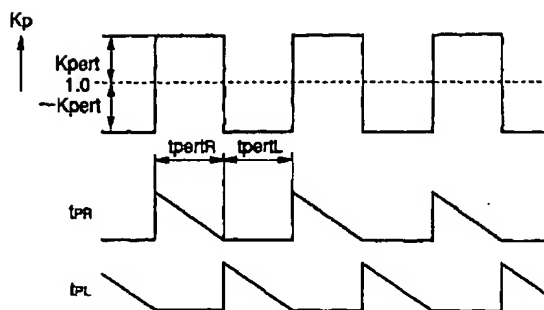
【図17】



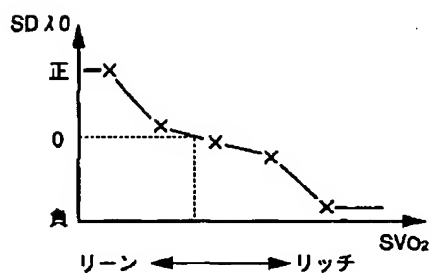
【図18】



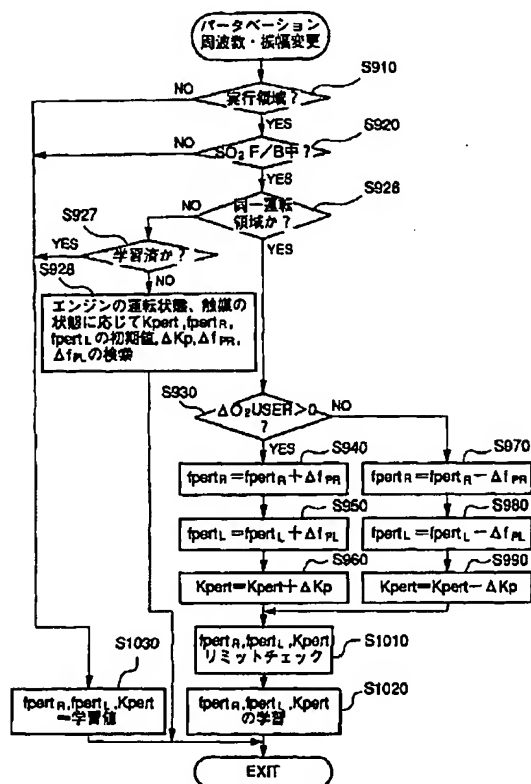
【図19】



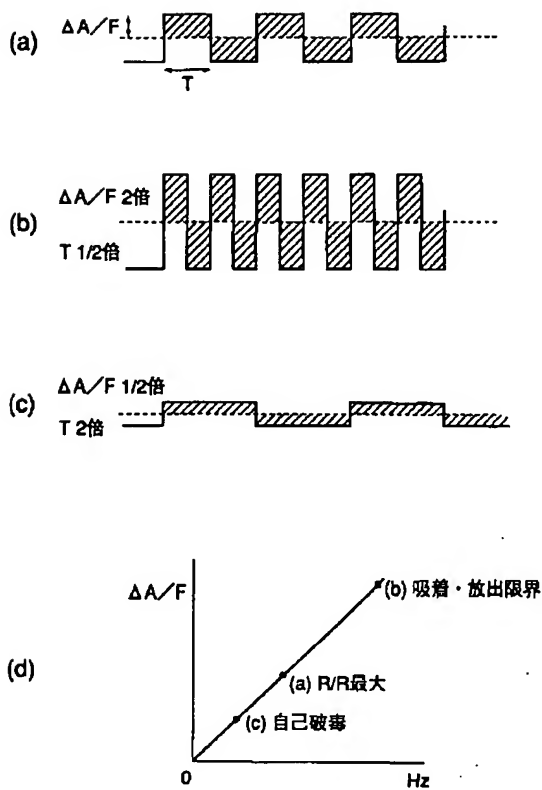
【図20】



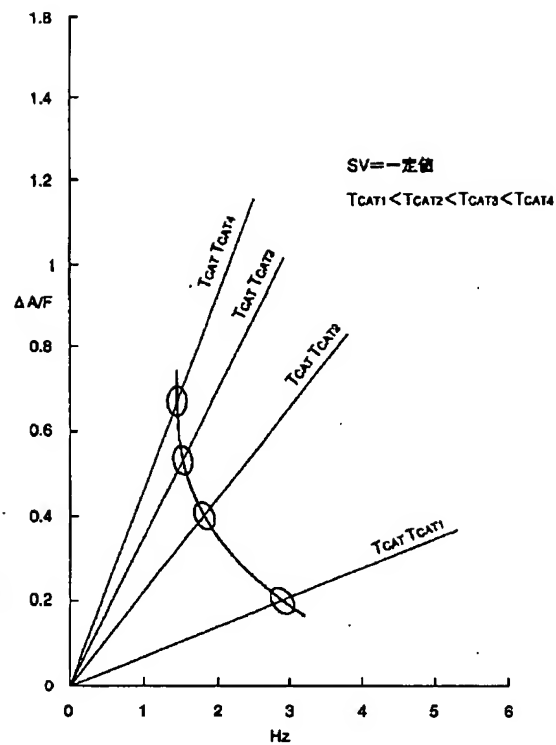
【図21】



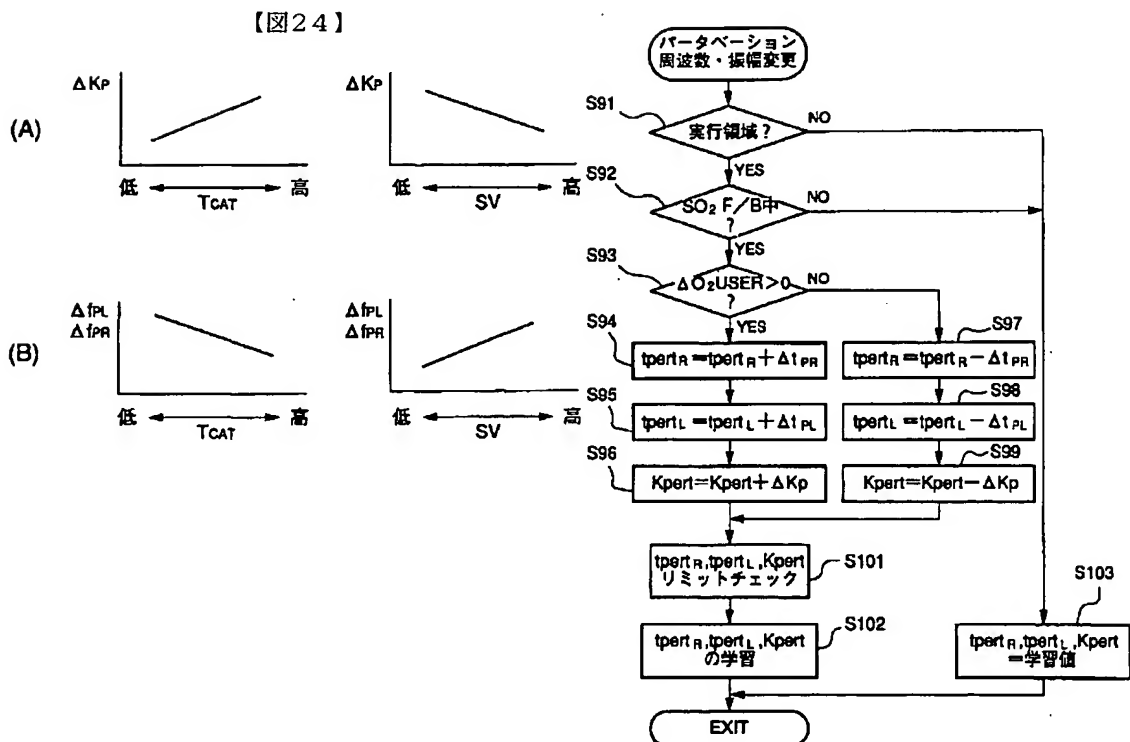
【図21】



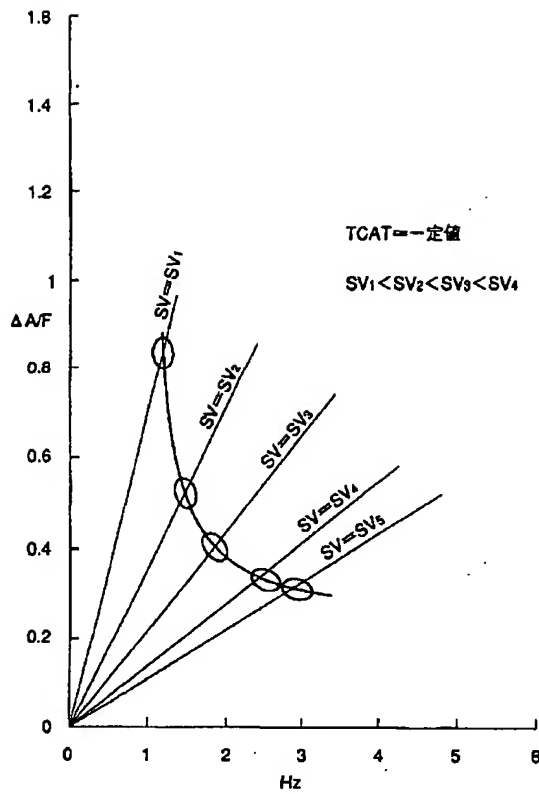
【図22】



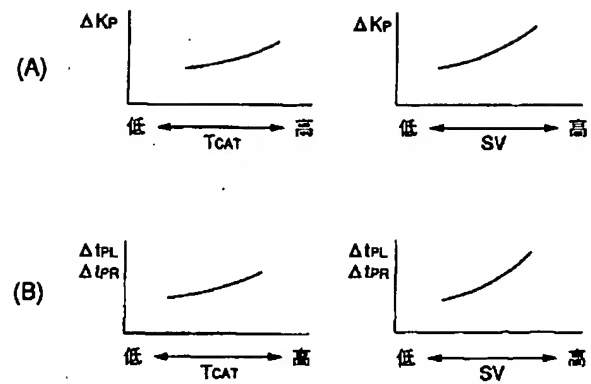
【図25】



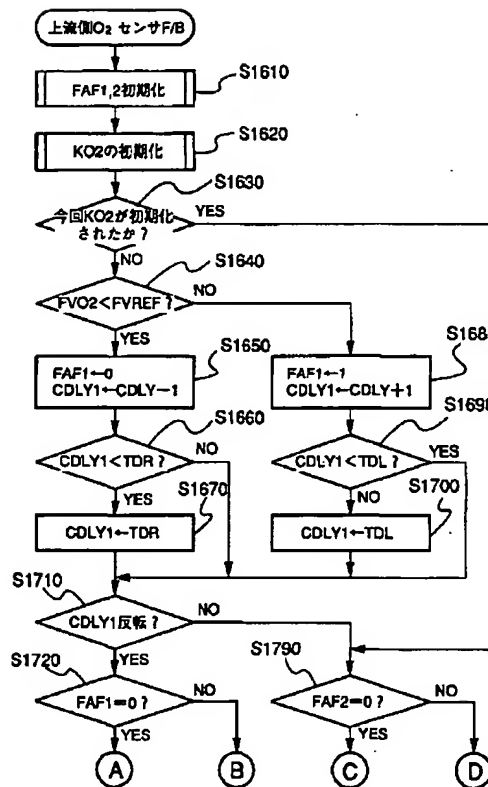
【図23】



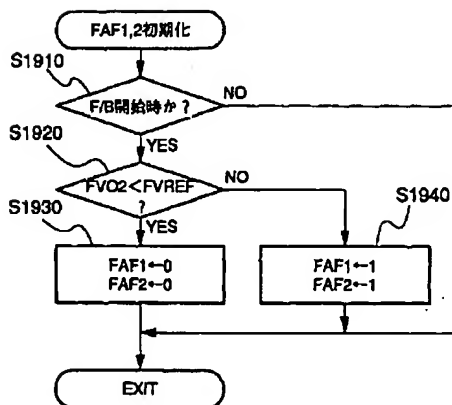
【図26】



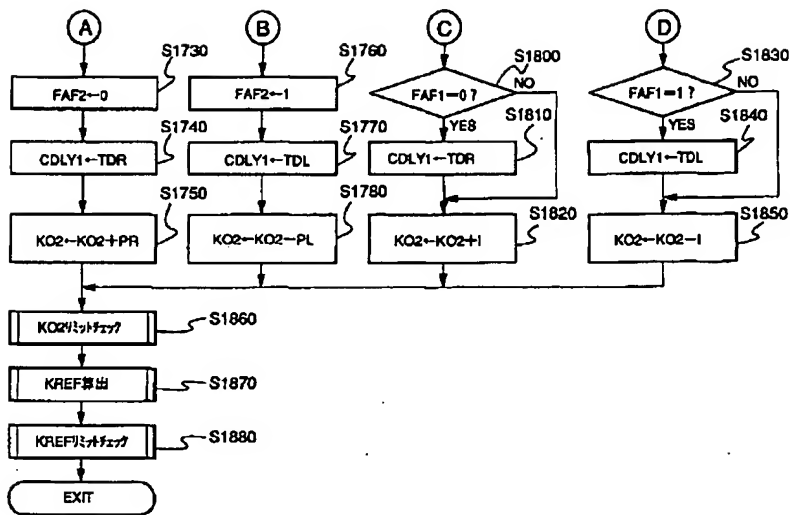
【図27】



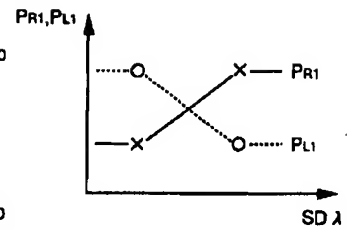
【図29】



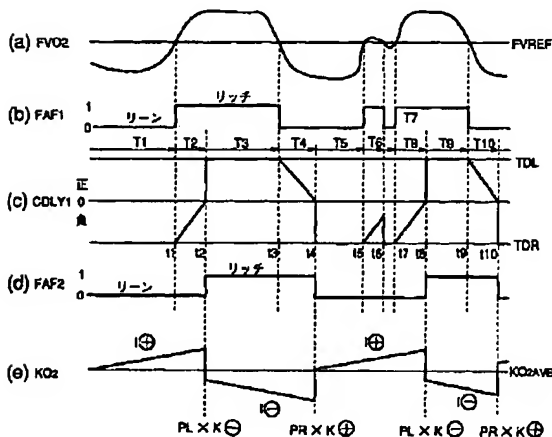
【図28】



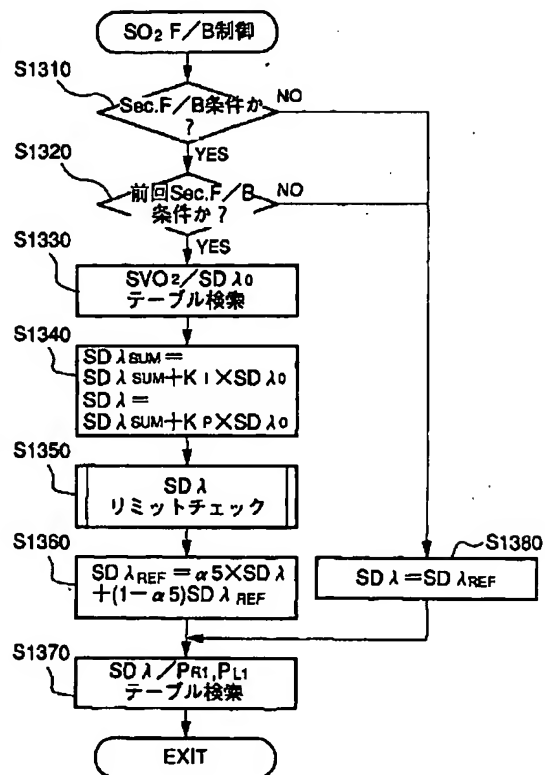
【図33】



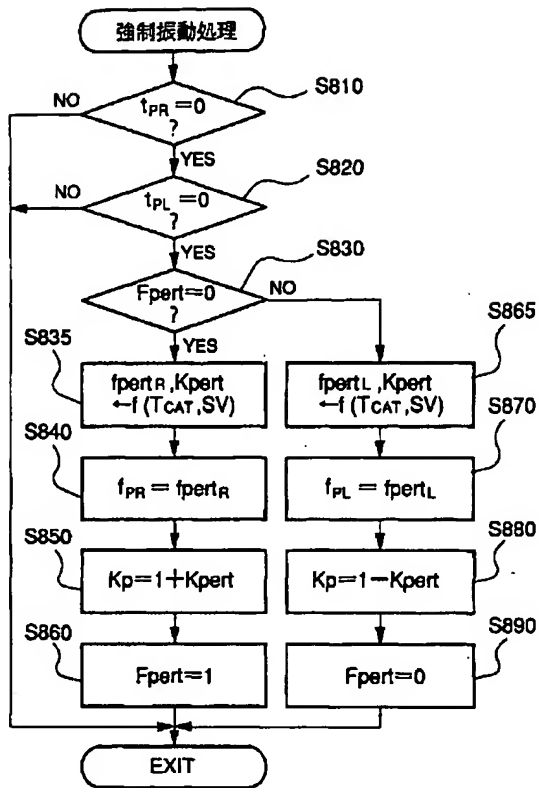
【図30】



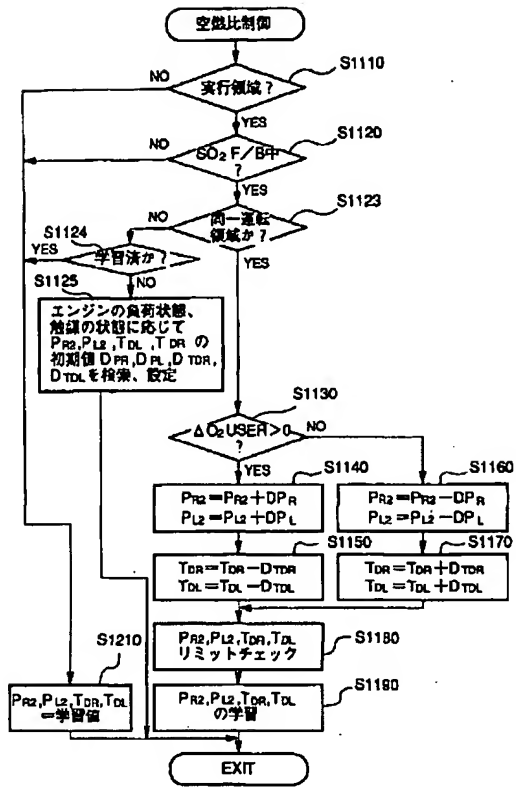
【図31】



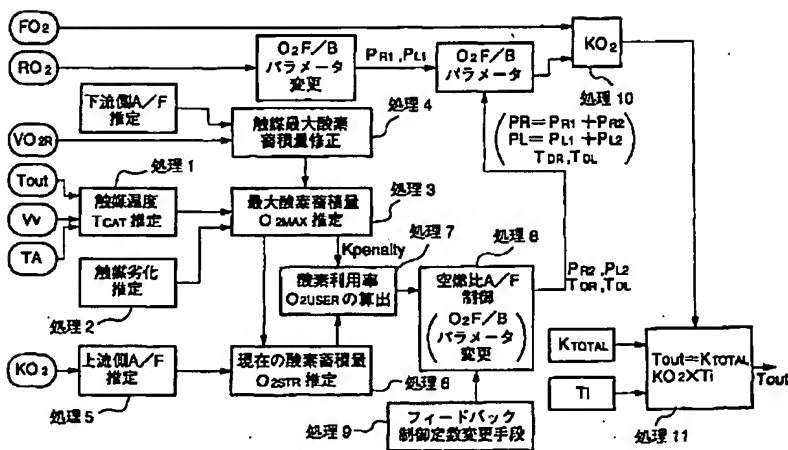
【図34】



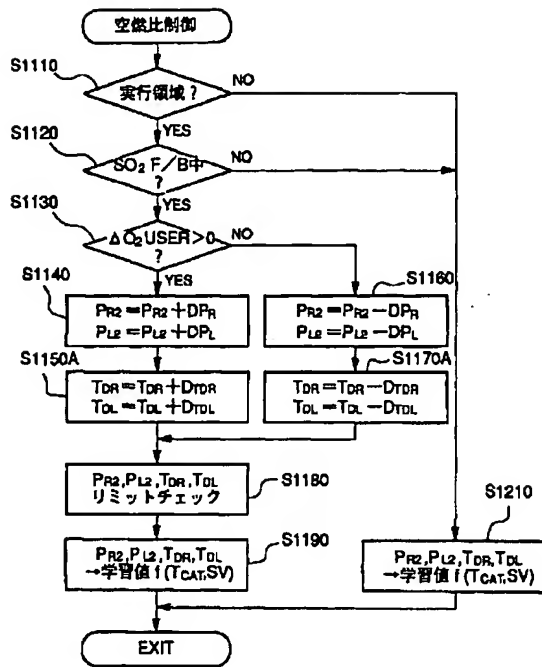
【図36】



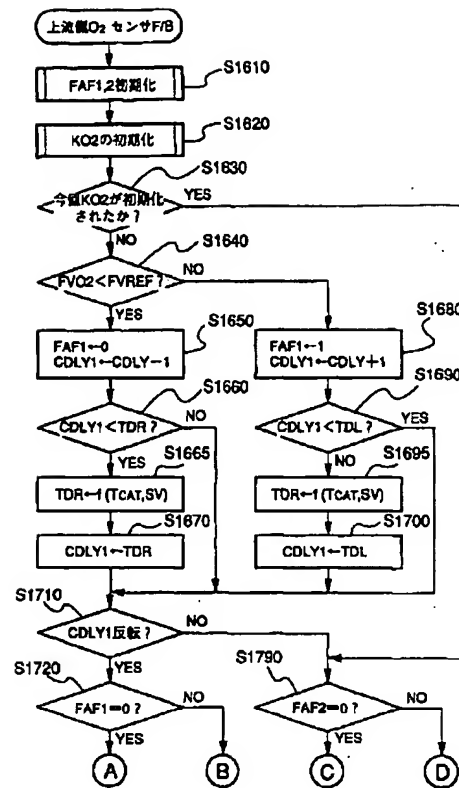
【図35】



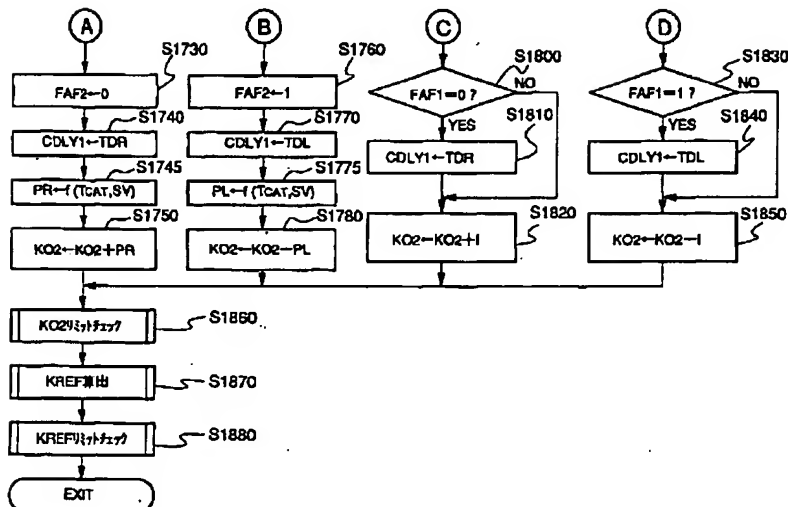
【図37】



【図38】



【図39】



フロントページの続き

(72)発明者 金子 哲也
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内
(72)発明者 加藤 彰
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72)発明者 廣田 俊明
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内
(72)発明者 渡辺 将美
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内